



**TUGAS AKHIR - RP 141501**

# **PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN DI KOTA SURABAYA**

**RIZKI CHOLIK ZULKARNAIN**  
**NRP 3612100008**

**Dosen Pembimbing**  
**Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.**

**JURUSAN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - RP 141501**

# **THE INFLUENCE OF LAND COVER CHANGE TO LAND SURFACE TEMPERATURE IN SURABAYA CITY**

**RIZKI CHOLIK ZULKARNAIN  
NRP 3612100008**

**Advisor  
Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.**

**DEPARTMENT OF URBAN AND REGIONAL PLANNING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP  
PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN DI KOTA SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RIZKI CHOLIK ZULKARNAIN**  
NRP. 3612100008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.**  
NIP. 197811022002121002



# **PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN DI KOTA SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Rizki Cholik Zulkarnain  
**NRP** : 3612 100 008  
**Jurusan** : Perencanaan Wilayah dan Kota  
**Dosen Pembimbing** : Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.

## **Abstrak**

*Urban Heat Island (UHI) merupakan fenomena suhu di daerah perkotaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Fenomena UHI sudah terjadi di kota-kota dunia termasuk Kota Surabaya. Konversi lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun diduga menyebabkan fenomena UHI tersebut. Oleh karenanya penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan Kota Surabaya. Untuk itu, penelitian ini menguji hubungan antara tutupan lahan, Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan Land Surface Temperature (LST) dari data citra landsat tahun 2001 dan 2015. Analisis korelasi dan regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tutupan lahan, NDBI, NDVI, dan LST. Hasil penelitian menunjukkan selama tahun 2001 hingga 2015 terjadi peningkatan rata-rata LST di Kota Surabaya sebesar 3 °C. Dibandingkan tahun 2001, wilayah sebaran suhu tinggi (> 30 °C) semakin meluas sekitar 19.523,61 Ha yang tersebar hampir ke seluruh wilayah Kota Surabaya di tahun 2015. Perluasan suhu tinggi tersebut sejalan dengan perluasan wilayah terbangun baik berupa permukiman maupun industri-pergudangan. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kenaikan LST secara signifikan dipengaruhi oleh NDBI, dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,72 (tahun 2001) dan 0,653 (tahun 2015).*

**Kata kunci** : Urban Heat Island, Tutupan Lahan, Normalized Difference Built-up Index

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# THE INFLUENCE OF LAND COVER CHANGE TO LAND SURFACE TEMPERATURE IN SURABAYA CITY

**Name** : Rizki Cholik Zulkarnain  
**NRP** : 3612 100 008  
**Department** : Urban and Regional Planning  
**Advisor** : Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.

## *Abstract*

*Urban Heat Island (UHI) is a global phenomenon where a city or a metropolitan area is significantly warmer than its surrounding rural area. Land conversion into a built-up area supposedly is one of the main cause of UHI phenomenon. The purpose of this research is to identify the impact of land cover change on Surabaya's surface temperature by conducting a test to check the correlation between land cover, Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan Land Surface Temperature (LST) from landsat imagery data of 2001 and 2015 using correlation and regression analysis. The result shows that for fourteen years, between 2001 and 2015, LST in Surabaya has been increased for about 3 °C. Compared to 2001, in 2015, high-temperature area (> 30 °C) has been expanded for about 19.523,61 Ha in various locations in Surabaya. The increasing temperature is parallel with the built-up area expansion, both for industrial or housing necessities. According to the analysis, LST has been significantly affected by NDBI, with coefficient of determination ( $R^2$ ) is 0,72 (in 2001) and 0,653 (in 2015).*

**Keyword** : Urban Heat Island, Land Cover, Normalized Difference Built-up Index

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR PETA.....	xix
 <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan dan Sasaran .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah .....	5
1.5.1 Ruang Lingkup Pembahasan.....	11
1.5.3 Ruang Lingkup Substansi .....	11
1.6 Sistematika Penulisan .....	11
1.7 Kerangka Berpikir.....	13
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	 <b>15</b>
2.1 Urban Heat Island .....	15
2.2 Aspek-Aspek Penyebab UHI .....	18
2.3 Tutupan Lahan Mempengaruhi Suhu Permukaan.....	22
2.4 Penginderaan Jauh.....	26
2.5 Citra Landsat .....	29
2.6 Suhu Permukaan .....	31
2.7 Indeks Vegetasi dan Indeks Urban.....	31
2.8 Penelitian Sebelumnya .....	35
2.9 Sintesa Pustaka.....	43



<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
3.1 Paradigma dan Pendekatan Penelitian .....	45
3.2 Jenis Penelitian.....	46
3.3 Indikator, Variabel dan Definisi Operasional .....	46
3.4 Metode Penelitian .....	49
3.4.1 Metode Pengumpulan Data.....	49
3.5 Populasi dan Sampel .....	51
3.6 Teknik Analisis .....	52
3.6.2 Menganalisis Distribusi Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015.....	57
3.6.2 Menganalisis Perubahan Tutupan Lahan, Kerapatan Vegetasi (NDVI), dan Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015	61
3.6.3 Menganalisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya	69
3.7 Tahapan Penelitian.....	71
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>77</b>
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian .....	77
4.1.1 Letak Geografis dan Administrasi .....	77
4.1.2 Kondisi Fisik Lingkungan.....	79
4.1.3 Kependudukan .....	80
4.1.4 Tutupan Lahan .....	84
4.2 Analisa dan Pembahasan.....	94
4.2.1 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015.....	94
4.2.2 Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015.....	170
4.2.3 Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015.....	211

4.2.9 Kerapatan Lahan Terbangun Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015 .....	240
4.2.10 Pengaruh Kerapatan Vegetasi, Kerapatan Lahan Terbangun, dan Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan .....	273
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>301</b>
5.1 Kesimpulan .....	301
5.2 Saran .....	302
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>303</b>
<b>Lampiran A: .....</b>	<b>307</b>
<b>Lampiran B .....</b>	<b>329</b>
<b>Lampiran C .....</b>	<b>337</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komparasi Teori Aspek-Aspek Penyebab Urban Heat Island .....	20
<b>Tabel 2.2</b> Komparasi Teori Indikator Penelitian .....	26
<b>Tabel 2.3</b> Perbandingan Parameter-Parameter Spektral Sensor Pencitra OLI (Landsat 8) dan ETM+/Landsat 7 .....	30
<b>Tabel 2.4</b> Penelitian Terdahulu yang Terkait .....	37
<b>Tabel 2.5</b> Hasil Sintesa Kajian Pustaka.....	43
<b>Tabel 3.1</b> Indikator, Variabel, Definisi Operasional, dan Parameter .....	47
<b>Tabel 3.2</b> Data Primer, Sumber Data, dan Teknik Pengumpulan Data .....	49
<b>Tabel 3.3</b> Data Sekunder, Sumber Data, dan Teknik Pengumpulan Data .....	50
<b>Tabel 3.4</b> Data Input, Alat Analisis, dan Luaran Berdasarkan Sasaran Penelitian .....	53
<b>Tabel 3.5</b> Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi.....	70
<b>Tabel 4.1</b> Pembagian Wilayah Administratif Kota Surabaya Tahun 2015 .....	78
<b>Tabel 4.2</b> Jumlah Penduduk, Luas Wilayah, dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Menurut Hasil Registrasi per Kecamatan Tahun 2000 dan 2015.....	82
<b>Tabel 4.3</b> Luas Jenis Tutupan Lahan per Kecamatan di Kota Surabaya.....	85
<b>Tabel 4.4</b> Luas Tiap Kelas Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 .....	125
<b>Tabel 4.5</b> Luas Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001 .....	126
<b>Tabel 4.6</b> Luas Tiap Kelas Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015 .....	159

<b>Tabel 4.7</b> Luas Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015.....	160
<b>Tabel 4.8</b> Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001 .....	187
<b>Tabel 4.9</b> Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001 .....	188
<b>Tabel 4.10</b> Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015.....	203
<b>Tabel 4.11</b> Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015 .....	204
<b>Tabel 4.12</b> Luas Sebaran Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 .....	217
<b>Tabel 4.13</b> Luas Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001 .....	218
<b>Tabel 4.14</b> Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015.....	229
<b>Tabel 4.15</b> Luas Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015.....	230

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Kerangka Berpikir .....	13
<b>Gambar 2.1</b> Variasi Permukaan dan Suhu Atmosfer.....	16
<b>Gambar 2.2</b> Permukaan Kedap Air dan Pengurangan Evapotranspirasi.....	24
<b>Gambar 2.3</b> Sistem Penginderaan Jauh .....	28
<b>Gambar 2.4</b> Perbandingan Penyerapan dan Pemantulan Cahaya Tampak dan Inframerah Dekat oleh Vegetasi Sehat (kiri) dan Vegetasi Kurang Sehat/Jarang Vegetasi (kanan) ....	33
<b>Gambar 3.1</b> Citra Landsat 7 ETM+ Path 118 Row 65 Aquisisi 4 Agustus 2001.....	55
<b>Gambar 3.2</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Path 118 Row 65 Aquisisi 20 September 2015 .....	56
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Kegiatan Penelitian .....	72
<b>Gambar 3.4</b> Tahapan Analisa Penelitian .....	75
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Temperatur Kota Surabaya Tahun 1981 s/d 2015 .....	80
<b>Gambar 4.2</b> Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Tahun 2000 dan 2015 .....	84
<b>Gambar 4.3</b> Tutupan Lahan Permukiman .....	88
<b>Gambar 4.4</b> Industri dan Pergudangan (kiri) di Kecamatan Asemrowo (kanan) di Kecamatan Rungkut .....	89
<b>Gambar 4.5</b> Tutupan Lahan Jalan.....	89
<b>Gambar 4.6</b> Tutupan Lahan Badan Air (kiri) Tambak (kanan) Sungai.....	90
<b>Gambar 4.7</b> Lahan Bervegetasi .....	92
<b>Gambar 4.8</b> Persentase Luas LST Kota Surabaya Tahun 2001 .....	125
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001 .....	126

<b>Gambar 4.10</b> Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 .....	129
<b>Gambar 4.11</b> Persentase Luas Tiap Kelas LST Tahun 2015	159
<b>Gambar 4.12</b> Diagram Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015 .....	160
<b>Gambar 4.13</b> Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015 .....	163
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015.....	166
<b>Gambar 4.15</b> Histogram Sebaran Suhu Permukaan .....	167
<b>Gambar 4.16</b> Perubahan Sebaran Suhu Permukaan .....	169
<b>Gambar 4.17</b> Persentase Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001.....	187
<b>Gambar 4.18</b> Diagram Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001 .....	188
<b>Gambar 4.19</b> Persentase Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015.....	203
<b>Gambar 4.20</b> Diagram Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015 .....	204
<b>Gambar 4.21</b> Grafik Perbandingan Luas Tingkat Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya.....	207
<b>Gambar 4.22</b> Kerapatan Vegetasi di Surabaya Barat .....	208
<b>Gambar 4.23</b> Kerapatan Vegetasi di Surabaya Pusat .....	209
<b>Gambar 4.24</b> Kerapatan Vegetasi di Surabaya Timur.....	210
<b>Gambar 4.25</b> Diagram Perbandingan Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 .....	217
<b>Gambar 4.26</b> Diagram Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001 .....	218
<b>Gambar 4.27</b> Diagram Perbandingan Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015.....	229
<b>Gambar 4.28</b> Diagram Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015 .....	230

<b>Gambar 4.29</b> Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015.....	234
<b>Gambar 4.30</b> Tutupan Lahan Surabaya Barat .....	236
<b>Gambar 4.31</b> Tutupan Lahan Surabaya Pusat .....	237
<b>Gambar 4.32</b> Tutupan Lahan Surabaya Timur .....	238
<b>Gambar 4.33</b> Histogram nilai NDBI Kota Surabaya.....	270
<b>Gambar 4.34</b> NDBI Surabaya Barat Tahun 2015.....	271
<b>Gambar 4.35</b> NDBI Surabaya Timur Tahun 2015 .....	272
<b>Gambar 4.36</b> NDBI Unit Pengembangan Tunjungan Tahun 2015.....	273
<b>Gambar 4.37</b> Grafik Hubungan Antara Suhu Permukaan dengan Tutupan Lahan.....	292
<b>Gambar 4.38</b> Beberapa Upaya Mitigasi Fenomena UHI di Kawasan Perkotaan .....	297
<b>Gambar 4.39</b> Ilustrasi Beberapa Macam Kepadatan Bangunan .....	298

## DAFTAR PETA

<b>Peta 1.1</b> Wilayah Bagian Kota Surabaya.....	7
<b>Peta 1.2</b> Batas Kecamatan di Kota Surabaya .....	9
<b>Peta 4.1</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 6 VCID 1 Kota Surabaya Tahun 2001 .....	97
<b>Peta 4.2</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 6 VCID 2 Kota Surabaya Tahun 2001 .....	99
<b>Peta 4.3</b> Spektral Radian Band 6 VCID 1 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	101
<b>Peta 4.4</b> Spektral Radian Band 6 VCID 2 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	103
<b>Peta 4.5</b> Brightness Temperature Band 6 VCID 1 Citra Landsat Kota Surabaya Tahun 2001 .....	107
<b>Peta 4.6</b> Brightness Temperature Band 6 VCID 2 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	109
<b>Peta 4.7</b> Proporsi Vegetasi Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	113
<b>Peta 4.8</b> Emisivitas Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	115
<b>Peta 4.9</b> Suhu Permukaan (LST) Band 6 VCID 1 Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	119
<b>Peta 4.10</b> Suhu Permukaan (LST) Band 6 VCID 2 Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	121
<b>Peta 4.11</b> Pola Spasial Suhu Permukaan (LST) Kota Surabaya Tahun 2001 .....	123
<b>Peta 4.12</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 10 Kota Surabaya Tahun 2015 .....	131
<b>Peta 4.13</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 11 Kota Surabaya .....	133
<b>Peta 4.14</b> Spektral Radian Band 10 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	135



<b>Peta 4.15</b> Spektral Radian Band 11 Citra Landsat Kota Surabaya Tahun 2015.....	137
<b>Peta 4.16</b> Brightness Temperature Band 10 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	141
<b>Peta 4.17</b> Brightness Temperature Band 11 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	143
<b>Peta 4.18</b> Proporsi Vegetasi Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015.....	147
<b>Peta 4.19</b> Emisivitas Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	149
<b>Peta 4.20</b> Suhu Permukaan (LST) Band 10 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	153
<b>Peta 4.21</b> Suhu Permukaan (LST) Band 11 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	155
<b>Peta 4.22</b> Pola Suhu Permukaan (LST) Kota Surabaya Tahun 2015.....	157
<b>Peta 4.23</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 4 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2001 .....	173
<b>Peta 4.24</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 3 (RED) Kota Surabaya Tahun 2001 .....	175
<b>Peta 4.25</b> Spektral Radian Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	177
<b>Peta 4.26</b> Spektral Radian Band 3 (RED) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	179
<b>Peta 4.27</b> Reflektan Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001.....	181
<b>Peta 4.28</b> Reflektan Band 3 (RED) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001.....	183
<b>Peta 4.29</b> Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kota Surabaya Tahun 2001.....	185
<b>Peta 4.30</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 5 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2015.....	193

<b>Peta 4.31</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 4 (RED) Kota Surabaya Tahun 2015.....	195
<b>Peta 4.32</b> Reflektan Band 5 (NIR) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015.....	197
<b>Peta 4.33</b> Reflektan Band 4 (RED) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015.....	199
<b>Peta 4.34</b> Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kota Surabaya Tahun 2015.....	201
<b>Peta 4.35</b> Training Sampel Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001.....	213
<b>Peta 4.36</b> Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001.....	215
<b>Peta 4.37</b> Training Sampel Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015.....	223
<b>Peta 4.38</b> Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015.....	225
<b>Peta 4.39</b> Sebaran Lokasi Sampel Kota Surabaya.....	227
<b>Peta 4.40</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 4 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2001 .....	243
<b>Peta 4.41</b> Citra Landsat 7 ETM+ Band 7 (SWIR-2) Kota Surabaya Tahun 2001.....	245
<b>Peta 4.42</b> Spektral Radian Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	247
<b>Peta 4.43</b> Spektral Radian Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001 .....	249
<b>Peta 4.44</b> Reflektan Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001.....	251
<b>Peta 4.45</b> Reflektan Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001.....	253
<b>Peta 4.46</b> Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) Kota Surabaya Tahun 2001 .....	255

<b>Peta 4.47</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 5 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2015.....	259
<b>Peta 4.48</b> Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 7 (SWIR-2) Kota Surabaya Tahun 2015.....	261
<b>Peta 4.49</b> Reflektan Band 5 (NIR) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015.....	263
<b>Peta 4.50</b> Reflektan Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015 .....	265
<b>Peta 4.51</b> Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) Kota Surabaya Tahun 2015 .....	267



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Urban Heat Islands* (UHI) adalah daerah perkotaan dengan suhu yang tinggi relatif terhadap wilayah kurang berkembang atau daerah pedesaan sekitarnya (Coseo dan Larsen, 2014). UHI terutama berdampak pada manusia serta pada iklim mikro kawasan perkotaan. Beberapa penelitian menunjukkan UHI berdampak pada penurunan kenyamanan kehidupan manusia sebab disamping menimbulkan gangguan kesehatan, kebutuhan akan pendingin seperti *air conditioner* (AC) dan kipas angin juga bertambah sehingga terjadi pemborosan energi listrik dan peningkatan polusi (Tursilowati, 2012). Dampak lainnya ialah iklim mikro kawasan perkotaan terpengaruh akibat peningkatan suhu udara di dalam kota dibanding daerah pedesaan dengan terjadinya pembentukan ozon, perubahan iklim lokal seperti pola angin, perubahan kelembaban, badai, banjir, hingga perubahan ekosistem lokal (Malley, 2014).

Kurangnya ruang terbuka seperti taman, area hutan, sungai dan aliran air, dan lansekap non-urban lainnya serta perubahan tutupan lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun di daerah perkotaan menjadi penyebab terjadinya fenomena UHI (Aisha, 2013). Hal tersebut juga diakibatkan oleh perpindahan penduduk desa ke kota sebagai suatu fenomena urbanisasi yang tidak ada hentinya yang menghadirkan sejumlah besar bangunan padat di perkotaan (Wicahyani, 2013). Limbah panas yang dihasilkan oleh aktivitas manusia termasuk panas yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor dan proses industri, konduksi panas melalui dinding bangunan atau

dipancarkan langsung ke atmosfer oleh sistem pendingin udara, dan panas metabolisme yang dihasilkan oleh manusia semua bergabung sehingga menyebabkan suhu udara lokal yang meningkat terutama di daerah perkotaan berkontribusi terhadap terjadinya fenomena UHI (Allen, 2000).

Di kota-kota besar dunia telah teridentifikasi terjadinya fenomena UHI termasuk di Kota Surabaya. Sebagaimana Tursilowati (2003) menyebutkan bahwa telah terjadi perluasan UHI di Kota Surabaya selama periode tahun 1994 hingga tahun 2002, dimana daerah dengan suhu tinggi 30-35 °C terletak pada kawasan terbangun dengan jenis penggunaan lahan permukiman dan industri per tahun sebesar  $\pm 1512$  Ha atau 4,8%. Pesatnya perkembangan Kota Surabaya dimana semakin meluasnya area terbangun, berkurangnya ruang terbuka hijau, dan terjadinya perubahan fungsi lahan yang tak terkendali, dapat menyebabkan UHI semakin meluas. Hasil penelitian Fatimah (2012) di Kota Surabaya menunjukkan bahwa Suhu Permukaan Daratan (SPD) berkorelasi negatif terhadap kerapatan vegetasi dan berkorelasi positif terhadap kerapatan bangunan. SPD tinggi mengelompok di pusat kota dari arah utara hingga ke selatan pada periode 1994-2000 dan semakin meluas ke arah barat sampai timur Kota Surabaya pada periode 2000-2011.

Selama tahun 2001 hingga 2015 telah terjadi peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya sebesar 285.309 jiwa dengan kepadatan penduduk tertinggi berada di wilayah Surabaya Pusat yaitu 24.376 jiwa/km<sup>2</sup> di tahun 2015 (BPS Provinsi Jawa Timur, 2016). Peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk permukiman juga semakin meningkat. Dibandingkan tahun 2001, pada tahun 2015 lahan terbangun di Kota Surabaya telah mengalami perluasan sekitar 4.439,61 Ha. Sementara di

sisi lain, selama periode tahun 2001 hingga 2015 dilaporkan rata-rata suhu di Kota Surabaya cenderung semakin meningkat dimana rata-rata suhu tahun 2001 sebesar  $27,8^{\circ}\text{C}$  dan tahun 2015 sebesar  $28^{\circ}\text{C}$  (BMKG Juanda, 2016).

Baru-baru ini beberapa penelitian telah difokuskan pada hubungan antara tutupan lahan dengan suhu udara. Sejumlah studi telah meneliti efek pendinginan dari sawah (Cheng, Su, Kuo, Hung, dan Chiang, 2008; Yokohari, Brown, Kato, dan Moriyama, 1997; Yokohari, Brown, Kato, dan Yamamoto, 2001) dan taman (Bowler, Buyung-Ali, Knight, dan Pullin, 2010; Cao, Onishi, Chen, dan Imura, 2010; Chang et al., 2007; Spronken-Smith dan Oke, 1998) dalam wilayah perkotaan. Studi yang dilakukan oleh Clarke dan Peterson (1972) yang mengkaji *urban heat island* di St. Louis berdasarkan tutupan lahan dan angin menggunakan metode vektor eigen, diperoleh korelasi yang positif antara besaran *urban heat island* dengan gradien suhu vertikal dan polanya dipengaruhi oleh tutupan lahan serta kecepatan angin.

Semakin meningkatnya kegiatan alih fungsi lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun sebagai akibat dari tingginya laju urbanisasi di Kota Surabaya menjadi pemicu meluasnya UHI di Kota Surabaya. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan sebagai salah satu bentuk upaya dalam pengendalian dampak UHI di Kota Surabaya. Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji hubungan antara tutupan lahan, *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) terhadap suhu permukaan di Kota Surabaya. Disamping penelitian ini berguna untuk memperkaya materi kajian UHI di Kota Surabaya, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan bagi para *stakeholder* dalam perencanaan Kota Surabaya kedepannya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

UHI merupakan fenomena dimana perkotaan bersuhu yang tinggi relatif terhadap wilayah kurang berkembang atau daerah pedesaan sekitarnya. UHI dapat berdampak pada manusia maupun terhadap iklim mikro perkotaan. UHI terutama disebabkan oleh perubahan tutupan lahan dari lahan terbangun menjadi lahan terbangun. Di Kota Surabaya teridentifikasi telah terjadi perluasan UHI selama periode 1994-2002, dimana suhu tinggi antara 30-35 °C terkonsentrasi pada kawasan padat bangunan. Baru-baru ini penelitian UHI difokuskan pada hubungan antara tutupan lahan dengan suhu udara. Untuk memperkaya kajian mengenai UHI khususnya di Kota Surabaya, penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan dalam mempengaruhi perubahan suhu di Kota Surabaya. Sehingga rumusan masalah yang dapat diangkat adalah bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu pada wilayah Kota Surabaya?

## **1.3 Tujuan dan Sasaran**

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya selama tahun 2001 hingga 2015, terhadap perubahan tutupan lahan serta kaitannya dengan kerapatan lahan terbangun dan kerapatan vegetasi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka sasaran-sasaran yang dirumuskan, antara lain:

1. Menganalisis distribusi suhu permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015
2. Menganalisis perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015



3. Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Obyek kajian dalam penelitian ini sangat penting untuk diteliti karena sangat bermanfaat baik secara teoritis maupun praktis. Manfaat penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Hasil penelitian dapat bermanfaat dalam memperkaya topik *bahasan Urban Heat Island* di Kota Surabaya khususnya kajian mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu udara.
- 2) Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi para *stakeholder* dalam perencanaan dan pengembangan Kota Surabaya kedepannya.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

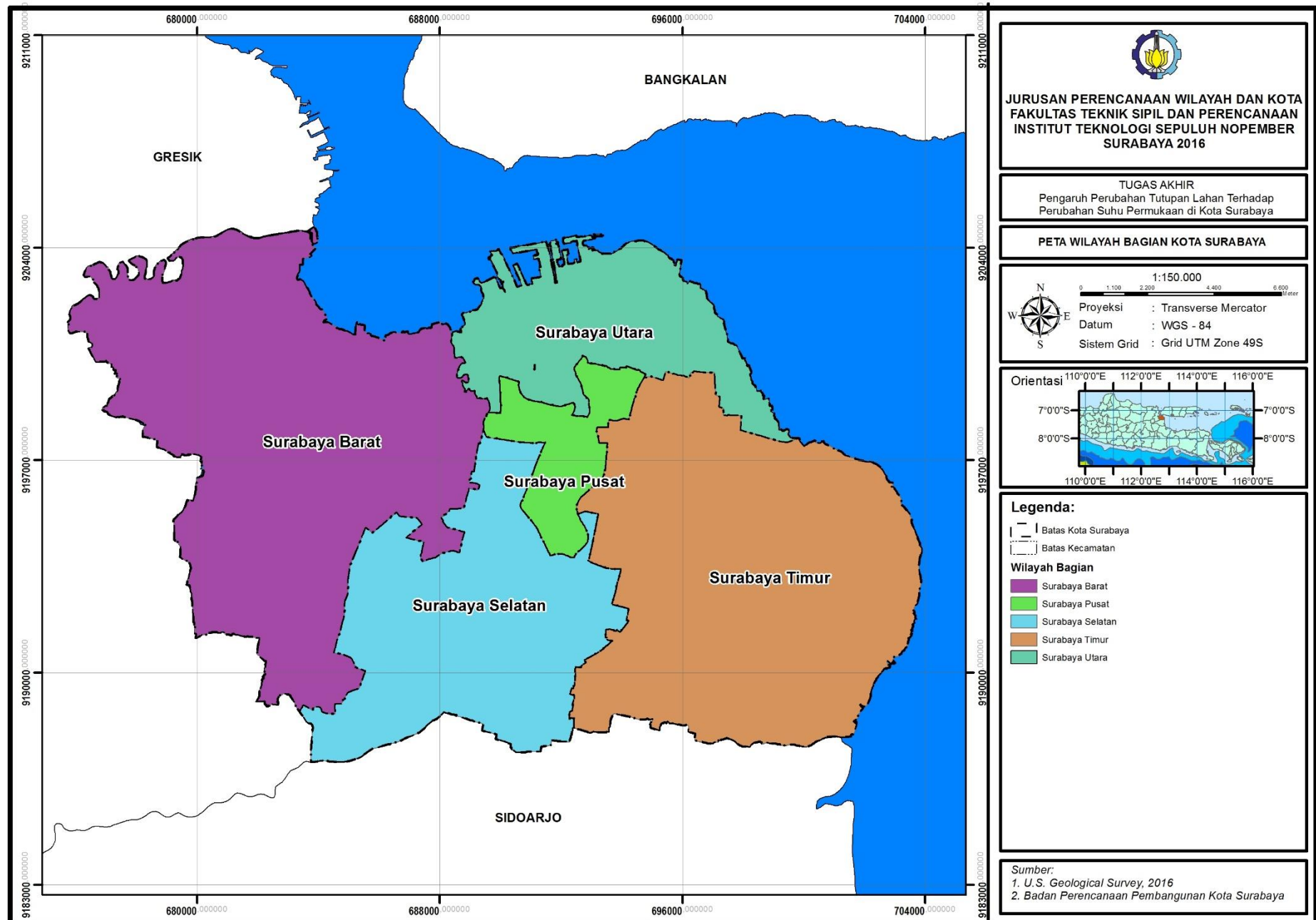
##### **1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah**

Penelitian ini dilakukan pada wilayah Kota Surabaya sebagai tempat studi yang diindikasikan telah mengalami perluasan fenomena UHI. Adapun batas administrasi Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Kota Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

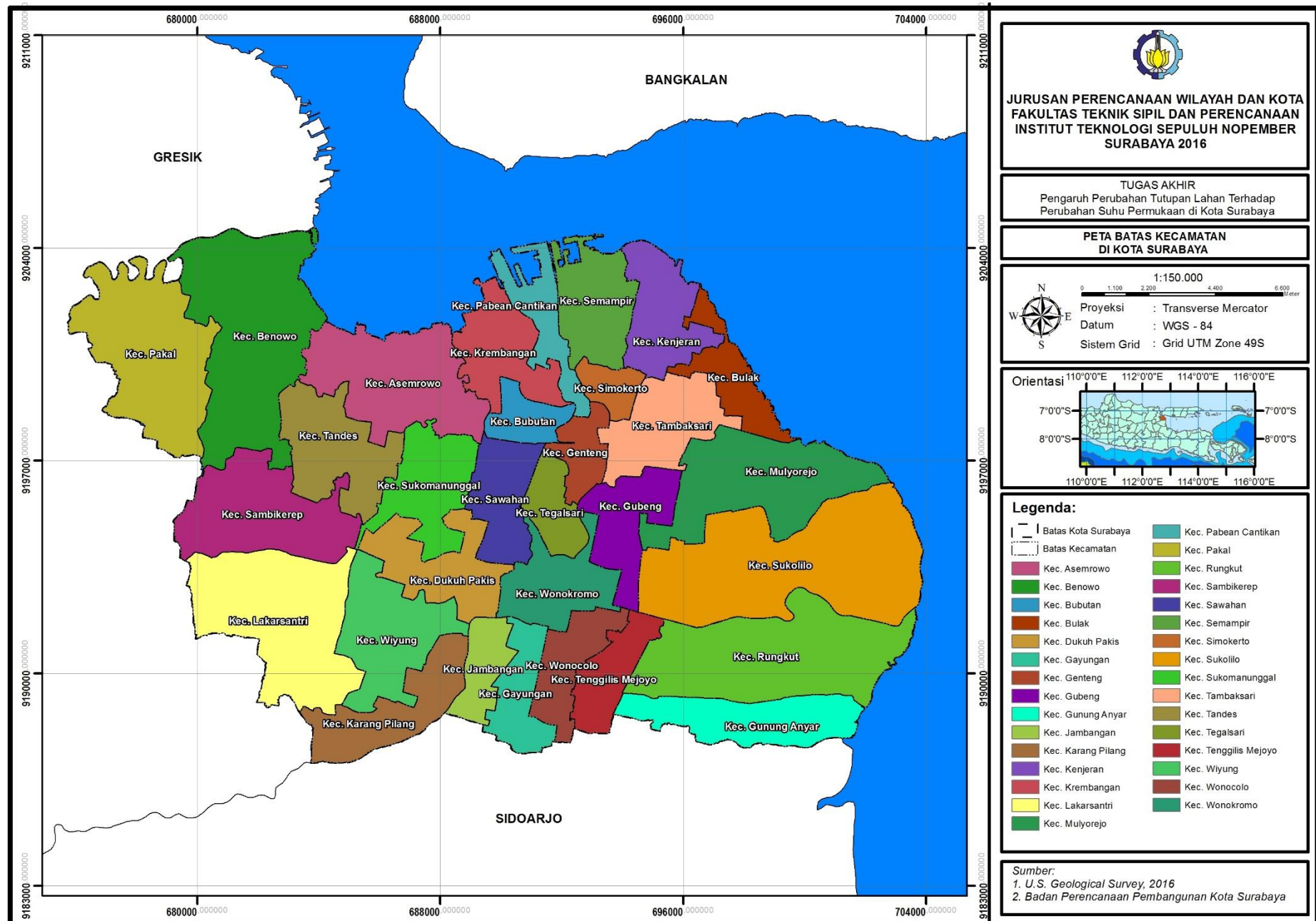
Kota Surabaya terbagi menjadi 5 wilayah bagian, yaitu Surabaya Barat, Surabaya Pusat, Surabaya Selatan, Surabaya Timur, dan Surabaya Utara. Dari 5 wilayah bagian tersebut Kota

Surabaya secara administrasi terbagi menjadi 31 kecamatan dan 154 kelurahan. Peta wilayah bagian dan peta batas kecamatan di Kota Surabaya ditampilkan pada gambar berikut ini.



**Peta 1.1 Wilayah Bagian Kota Surabaya**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 1.2** Batas Kecamatan di Kota Surabaya

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### **1.5.1 Ruang Lingkup Pembahasan**

Pembahasan dalam penelitian ini difokuskan pada hubungan antara perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya selama tahun 2001 hingga 2015, terhadap perubahan tutupan lahan serta kaitannya dengan kerapatan lahan terbangun dan kerapatan vegetasi. Untuk dapat mengetahui pengaruh tersebut maka aspek yang perlu diperhatikan adalah perubahan tutupan lahan, perubahan kerapatan vegetasi, kerapatan lahan terbangun, maupun perubahan suhu permukaan yang terjadi pada wilayah studi. Selanjutnya, dari hasil analisis pada aspek-aspek tersebut, akan dilakukan analisis agar dapat diketahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu pada wilayah studi. Pengkajian yang dilakukan di Kota Surabaya, menggunakan data citra landsat tahun 2001 dan 2015. Pemilihan kedua tahun tersebut didasarkan karena ketersediaan data yang mendukung penelitian ini terdapat pada kedua tahun tersebut.

### **1.5.3 Ruang Lingkup Substansi**

Ruang lingkup substansi meliputi substansi ilmu yang digunakan sebagai landasan teori maupun konsep-konsep yang berpengaruh dalam penelitian. Penelitian ini termasuk dalam bidang keilmuan klimatologi perkotaan dalam mendukung konsep pembangunan yang berkelanjutan. Sehingga teori-teori yang mendasari dalam penelitian ini meliputi perubahan iklim, *urban heat island*, serta pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

BAB I PENDAHULUAN, berisi latar belakang studi, rumusan masalah penelitian, tujuan serta sasaran, ruang lingkup materi bahasan dan wilayah, serta sistematika penulisan dari penelitian.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, berisi hasil studi literatur teoritis dan normatif yang berupa dasar-dasar teori dan referensi yang terkait dengan obyek penelitian.

**BAB III METODE PENELITIAN**, bab ini berisi tentang pendekatan dan tahapan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan tujuan penelitian. Bagian ini terdiri dari pendekatan penelitian, jenis penelitian, teknik sampling, pengumpulan data, organisasi variabel, teknik analisis data, dan tahapan penelitian.

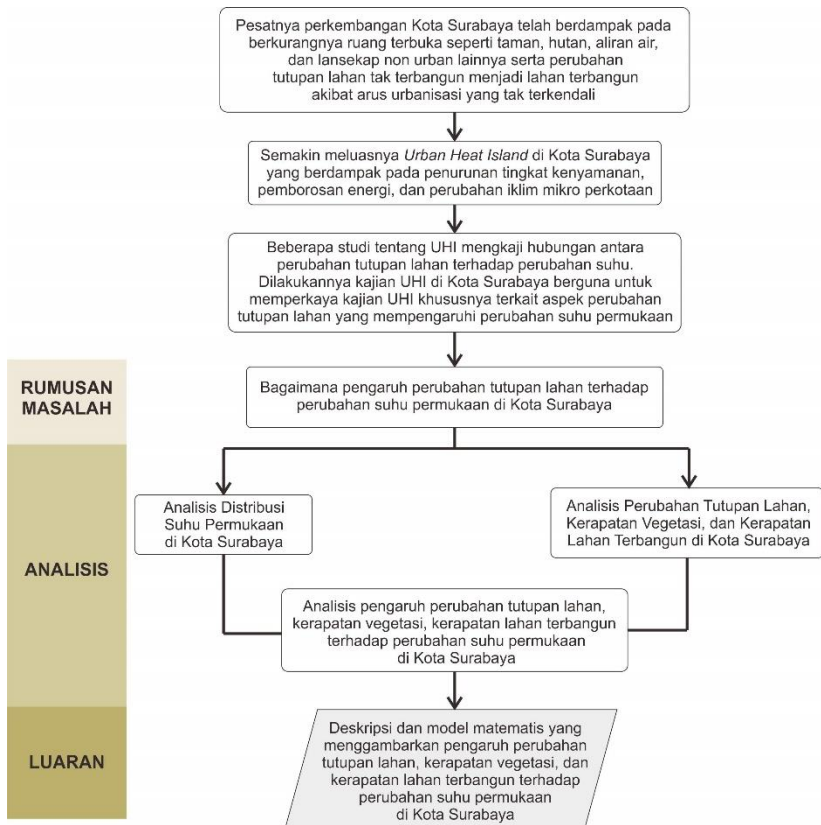
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, bab ini berisi hasil data atau informasi dan pembahasan analisis.

**BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**, memuat rincian kesimpulan serta rekomendasi dari hasil penelitian.



## 1.7 Kerangka Berpikir

Adapun dalam penelitian ini, alur kerangka berpikir peneliti, dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



**Gambar 1.1** Kerangka Berpikir  
Sumber: Peneliti, 2016

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

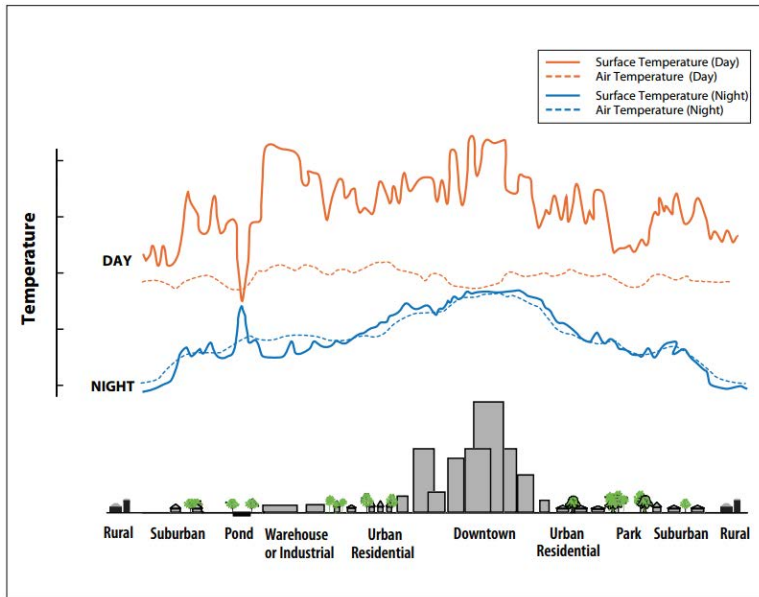
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Urban Heat Island**

*Urban Heat Island* atau lebih sering dikenal dengan nama UHI adalah fenomena yang menjadi isu global dalam perubahan iklim. UHI adalah perbedaan yang besar dari suhu permukaan di daerah perkotaan dibandingkan daerah pedesaan sekitarnya (Landsberg, 1981 dalam Wengha, 2004). Sementara menurut Aisha dan Indradjati (2013), UHI adalah fenomena peningkatan udara panas pada lokasi yang memiliki kepadatan lahan terbangun yang tinggi. UHI diibaratkan seperti “pulau” udara permukaan panas yang terpusat di wilayah kota terutama pada daerah pusat kota dan semakin menurun temperaturnya di daerah sekelilingnya yaitu daerah pinggiran kota (*suburban/rural*) (Tursilowati, 2007). Dominasi material buatan yang menampung panas (*heat storage*) di wilayah kota menyebabkan radiasi matahari terperangkap sehingga menjadikan suhu di sekitarnya meningkat. Aktivitas perkotaan seperti aktivitas industri dan transportasi turut menyumbang pelepasan panas antropogenik yang menyebabkan kenaikan temperatur wilayah perkotaan.

Fatimah (2012), menyebutkan *Urban Heat Island* atau disebut juga kutub panas perkotaan adalah karakteristik panas yang ada pada daerah urban lebih tinggi dibanding dengan daerah non urban. UHI menjadi masalah utama bagi tiap kota berkembang di dunia terhadap pemanasan global. Proses urbanisasi yang tiada henti turut menyumbang terjadinya UHI di perkotaan. Perpindahan penduduk pedesaan menuju daerah perkotaan telah menyebabkan bermunculannya banyak gedung dan bangunan baru sebagai wadah aktivitas manusia (Limas,

2014). Pembukaan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun menyebabkan berkurangnya ruang terbuka hijau yang menyebabkan semakin meluasnya UHI di wilayah perkotaan.



**Gambar 2.1** Variasi Permukaan dan Suhu Atmosfer  
*Sumber: EPA, 2008 (Modifikasi dari Voogt, 2000)*

Wicahyani (2013) mendefinisikan UHI atau pulau bahang kota adalah kejadian dimana suhu di daerah perkotaan lebih tinggi daripada daerah sekitarnya. UHI yang terjadi pada daerah perkotaan yang terletak pada daerah lintang rendah menjadi suatu kendala karena dapat meningkatkan beban untuk pendinginan, penurunan kenyamanan termal bagi manusia, serta peningkatan konsentrasi polusi udara. UHI dipengaruhi oleh adanya aktivitas manusia yang menghasilkan panas antropogenik, seperti transportasi, industri, sampah, maupun konsumsi energi domestik. Panas hasil aktivitas manusia

tersebut lebih banyak dihasilkan di daerah perkotaan dibanding daerah pedesaan karena daerah perkotaan memiliki daerah permukiman, sarana transportasi, dan kawasan industri yang lebih padat dibanding daerah pedesaan.

Dari teori-teori yang telah dikemukakan oleh (Landsberg, 1981 dalam Wengha, 2004), (Tursilowati, 2007), (Fatimah, 2012), (Aisha dan Indradjati, 2013), dan (Wicahyani, 2013) mengemukakan pendapat yang sama bahwa *Urban Heat Island* adalah fenomena suhu di daerah perkotaan lebih tinggi dibanding daerah sekitarnya, yaitu daerah *suburban* maupun *non urban*. Aktivitas manusia yang menghasilkan panas antropogenik menyebabkan peningkatan suhu di daerah perkotaan sama-sama dikemukakan oleh (Wicahyani, 2013), (Aisha dan Indradjati, 2013), dan (Tursilowati, 2007). Sementara (Fatimah, 2012) dan (Limas, 2014) mempunyai pendapat yang serupa bahwa UHI disebabkan oleh urbanisasi yang tinggi di daerah perkotaan sehingga menimbulkan pembukaan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun.

Berdasarkan berbagai teori tersebut, dapat ditarik suatu pengertian bahwa *Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena suhu di daerah perkotaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya, yaitu daerah suburban maupun non urban. Suhu permukaan yang panas terkonsentrasi pada pusat kota dan semakin menurun menuju daerah *rural*-nya. Baik aktivitas manusia yang menghasilkan panas antropogenik maupun tingkat urbanisasi yang tinggi di daerah perkotaan dapat mempengaruhi terjadinya UHI di daerah perkotaan.

## 2.2 Aspek-Aspek Penyebab UHI

Menurut Lowry (1976) dalam Adiningsih (2001) terdapat 5 (lima) sifat fisik penyebab terjadinya UHI, meliputi bahan penutup permukaan, bentuk dan orientasi permukaan, sumber kelembaban, sumber kalor, dan kualitas udara. Sementara menurut Rizwan, dkk. (2008) menyebutkan faktor yang berperan terhadap perbedaan suhu terdiri dari faktor yang dapat dikendalikan oleh manusia dan faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia. Faktor penyebab yang dapat dikendalikan oleh manusia, meliputi desain dan struktur kota (bahan bangunan, ruang terbuka hijau, dan *sky view factor*), jumlah populasi yang berpengaruh terhadap panas antropogenik. Sedangkan faktor yang tak dapat dikendalikan oleh manusia, meliputi musim, tutupan, awan, serta dinamika atmosfer.

Rushayati (2012) menyebutkan aktivitas manusia yang menghasilkan emisi bahan pencemar sebagai penentu terjadinya *heat island*, antara lain transportasi, industri, sampah, serta konsumsi energi domestik. Sumber-sumber aktivitas tersebut secara garis besar terbagi menjadi aktivitas rumah tangga, lalu lintas, dan industri. Aktivitas manusia disamping menghasilkan bahan pencemar, juga menghasilkan panas antropogenik yang dapat memberi efek pada peningkatan suhu. Panas antropogenik yang dihasilkan di daerah perkotaan umumnya lebih besar dibandingkan di daerah pedesaan. Hal itu terjadi karena daerah perkotaan biasanya memiliki kawasan permukiman, sarana transportasi maupun kawasan industri yang lebih banyak dibandingkan daerah pedesaan.

*Urban Heat Island* dipengaruhi oleh perubahan pola tutupan lahan, seperti komposisi vegetasi air, lahan terbangun dan perubahannya (Iswanto, 2008). Perubahan tutupan lahan tersebut terutama akibat adanya urbanisasi yang berasosiasi

dengan penambahan penduduk dan ekonomi. Penggantian vegetasi alam oleh permukaan yang sulit mengalami evaporasi dan transpirasi seperti logam, aspal, dan beton sebagai dampak dari pembangunan kota, telah mempengaruhi redistribusi radiasi matahari, kontras radiasi permukaan dan suhu udara di daerah perkotaan terhadap daerah sekelilingnya. Sementara Tursilowati (2012) mengemukakan beberapa faktor yang mempengaruhi UHI di daerah urban, yaitu pelepasan energi antropogenik dari sistem *air conditioning* (AC), emisi energi dari kegiatan perindustrian, kendaraan bermotor, perbandingan banyaknya permukaan campuran serta perbedaan kapasitas panas dari material bangunan dengan struktur alam.

Givoni (1989) mengungkapkan bahwa terdapat lima faktor berbeda yang tidak terikat satu sama lainnya, yang menyebabkan perkembangan *heat island*, yaitu:

- 1) Perbedaan keseimbangan seluruh radiasi antara daerah perkotaan terhadap daerah terbuka di sekitarnya.
- 2) Penyimpanan energi matahari pada gedung-gedung di kota selama siang hari kemudian dilepaskan pada malam hari.
- 3) Konsentrasi panas yang dihasilkan oleh aktivitas sepanjang tahun di perkotaan, seperti aktivitas transportasi, industri, dan lain-lain.
- 4) Evaporasi dari permukaan dan vegetasi di perkotaan lebih rendah bila dibandingkan dengan daerah pedesaan.
- 5) Sumber panas musiman, yaitu adanya pemanasan dari gedung-gedung pada musim dingin dan pemanasan dari pendingin ruangan pada musim panas, yang dilepaskan ke udara.

Pendapat tersebut diperkuat oleh Owen (1975) dalam Adiningsih (2001) yang menyebutkan faktor-faktor yang menciptakan terjadinya heat island, yaitu:

- 1) Adanya lebih banyak sumber yang menghasilkan panas di daerah perkotaan dibandingkan daerah di luar kota.
- 2) Adanya beberapa bangunan yang meradiasikan panas lebih cepat daripada lapangan hijau atau danau.
- 3) Jumlah permukaan air per satuan luas di dalam perkotaan lebih kecil daripada di pedesaan. Sehingga di kota lebih banyak panas yang tersedia untuk memanaskan atmosfer dibandingkan dengan daerah di luar kota.

**Tabel 2.1** Komparasi Teori Aspek-Aspek Penyebab Urban Heat Island

Sumber	Aspek dalam Teori
Lowry, 1976	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan Penutup Permukaan</li> <li>• Bentuk dan Orientasi Permukaan</li> <li>• Sumber Kelembaban</li> <li>• Sumber Kalor</li> <li>• Kualitas Udara</li> </ul>
Rizwan, 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain dan Struktur Kota</li> <li>• Jumlah Populasi</li> <li>• Musim</li> <li>• Tutupan Awan</li> <li>• Dinamika Atmosfer</li> </ul>
Iswanto, 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbanisasi</li> <li>• Tutupan Lahan</li> </ul>
Rushayati, 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas Rumah Tangga</li> <li>• Aktivitas Lalulintas</li> <li>• Aktivitas Industri</li> </ul>
Tursilowati, 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan Energi Antropogenik</li> <li>• Emisi Energi Kegiatan Industri</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi Kendaraan Bermotor</li> <li>• Permukaan Campuran</li> <li>• Kapasitas Panas Benda</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sumber: Peneliti, 2016

Dari penjelasan teori-teori tersebut, dapat diketahui aspek-aspek penyebab terjadinya UHI yang akan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

1. Bahan Penutup Permukaan disebutkan oleh Lowry (1976) dalam Adiningsih (2001), merupakan permukaan perkotaan yang terdiri dari beton dan semen yang memiliki konduktivitas panas sekitar tiga kali lebih besar dibanding tanah berpasir yang basah. Hal serupa juga dikemukakan oleh Tursilowati (2012) yang menyebutnya sebagai kapasitas panas benda dan Rizwan (2008) yang termasuk ke dalam aspek desain dan struktur kota.
2. Bentuk dan Orientasi Permukaan daerah perkotaan lebih bervariasi daripada daerah *hinterland*-nya sehingga energi matahari yang diterima mengalami pemantulan berkali-kali disamping juga disimpan dalam bentuk panas. Hal tersebut juga sejalan dengan pendapat Rizwan (2008) yang termasuk dalam aspek desain dan struktur kota yang termasuk di dalamnya *sky view*.
3. Jumlah Populasi penduduk kota yang tinggi berpotensi menghasilkan panas yang lebih besar dibandingkan daerah pedesaan. Aspek serupa yang terkait dengan jumlah populasi penduduk adalah urbanisasi (Iswanto, 2008) dan sumber kalor yang berasal dari kepadatan penduduk kota (Lowry, 1976, dalam Adiningsih, 2001).
4. Aktivitas Manusia yang menghasilkan berbagai sumber bahan pencemar disamping panas antropogenik sehingga mempengaruhi peningkatan suhu dan kualitas udara

perkotaan. Rushayati (2012), membedakan aktivitas manusia yang mempengaruhi *heat island* menjadi aktivitas rumah tangga, lalu lintas atau transportasi, dan industri. Hal tersebut juga disebutkan oleh Lowry (1976) dalam Adiningsih (2001), dan Tursilowati (2012).

5. Tutupan Lahan mempengaruhi redistribusi radiasi matahari serta memicu kontrasnya radiasi permukaan dan suhu udara. Hal tersebut diakibatkan oleh penggantian tutupan lahan berupa vegetasi alami menjadi permukaan yang sulit berevaporasi (beton, logam, maupun aspal). Aspek serupa juga disebutkan oleh Lowry (1976) dalam Adiningsih (2001) yang menyebutkan sumber kelembaban.
6. Aspek lain yang mempengaruhi UHI disebutkan berupa aspek fisik yang tidak dapat dikendalikan manusia, seperti musim, tutupan awan, dan dinamika atmosfer.

Dari berbagai aspek yang telah dikemukakan maka untuk menjawab tujuan dari penelitian ini, maka aspek yang menjadi fokus penelitian adalah aspek tutupan lahan dalam mempengaruhi suhu permukaan. Tutupan lahan dapat mempengaruhi redistribusi radiasi matahari serta memicu kontrasnya radiasi permukaan dan suhu udara.

### **2.3 Tutupan Lahan Mempengaruhi Suhu Permukaan**

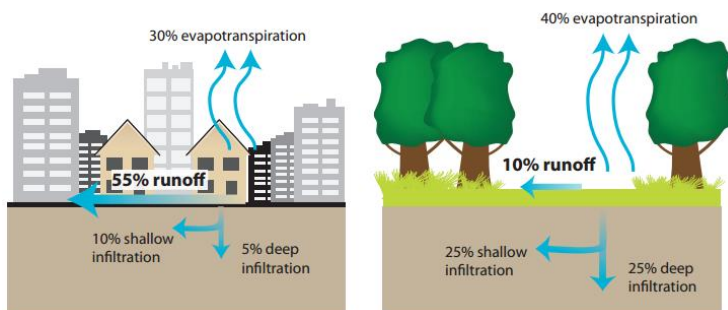
Tutupan lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land use*) merupakan dua istilah berbeda yang sering digunakan dalam penelitian terkait permukaan bumi. Menurut Lillesand dan Kiefer (1990), yang dimaksud tutupan lahan adalah perwujudan fisik suatu obyek dan menutupi lahan tanpa mempermasalahkan kegiatan manusia pada obyek tersebut, sementara penggunaan lahan lebih terkait pada kegiatan yang dilakukan manusia terhadap obyek tersebut.

Menurut Tursilowati (2007), struktur buatan manusia seperti jalan dan bangunan memiliki albedo rendah dibandingkan dengan permukaan natural dan menyerap lebih banyak radiasi tampak/*visible*. Albedo merupakan perbandingan tingkat sinar matahari yang datang ke permukaan bumi dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer. Dengan demikian hal tersebut membuktikan bahwa berkurangnya vegetasi dan justru bertambahnya permukaan urban menyebabkan efek *urban heat island*. Permukaan urban memiliki kecenderungan lebih cepat panas daripada permukaan natural. Hal ini karena permukaan urban bersifat cepat melepaskan air daripada permukaan natural yang bersifat dapat menahan air. Air yang berevaporasi atau mengalami penguapan mengeluarkan energi dari permukaan yang selanjutnya akan mendinginkan suhu permukaan. Artifisial struktur seperti bertambahnya massa permukaan bumi dapat menyimpan maupun melepas energi lebih banyak daripada permukaan yang belum terbangun.

Studi yang dilakukan oleh Fatimah (2012) mengenai pola spasial suhu permukaan daratan di Kota Surabaya, menunjukkan bahwa suhu permukaan daratan berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi. Sebaliknya, suhu permukaan daratan berkorelasi positif dengan kerapatan bangunan. Semakin tinggi suhu permukaan daratan maka semakin tinggi kerapatan bangunannya dan semakin rendah kerapatan vegetasinya. Suhu permukaan daratan yang rendah didapati pada wilayah dengan daerah pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering.

Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda-beda sehingga suhu yang dihasilkan juga akan berbeda (Adiningsih dkk., 2001). Suatu benda yang memiliki kapasitas panas yang besar maka suhu yang dihasilkannya rendah, sedangkan suatu

benda berkapasitas panas yang kecil maka suhu yang dihasilkannya tinggi. Kapasitas panas tersebut tergantung pada kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatannya. Kecepatan benda menjadi panas bergantung pada konduktivitas termal yang dimilikinya. Suatu benda yang memiliki konduktivitas termal yang besar maka semakin cepat perambatan panas dan suhu semakin besar. Bahan seperti beton memiliki kapasitas panas yang kecil dan konduktivitas termal yang besar sehingga permukaan beton cepat memanas dan suhunya meningkat secara cepat. Bahan sejenis beton mewakili jenis penutup lahan berupa industri dan permukiman. Air memiliki kapasitas panas paling besar dan konduktivitas termalnya rendah sehingga suhu yang dihasilkannya pun rendah. Dengan kapasitas panasnya yang besar memungkinkan air melakukan penyerapan kalor secara besar-besaran dan disisi lain juga melepaskannya secara lambat melalui proses evaporasi/penguapan.



**Gambar 2.2** Permukaan Kedap Air dan Pengurangan Evapotranspirasi  
Sumber: EPA, 2008

Triyanti (2008) dalam penelitiannya terkait pola suhu permukaan kota di Kota Semarang, mendapati pola spasial suhu permukaan terpanas ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) pada tahun 2001 maupun 2006

menunjukkan pola yang sama sesuai dengan perkembangan daerah urban di bagian timur Kota Semarang (kearah selatan dan barat wilayah urban). Variasi spasial suhu permukaan dipengaruhi secara signifikan oleh kerapatan vegetasi dan tutupan lahan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 53,1% pada tahun 2001 dan 54,7% pada tahun 2006. Sedangkan variasi spasial dari suhu permukaan pada kerapatan vegetasi dan tutupan lahan yang sama dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahannya.

Perubahan luas lahan disebabkan oleh penambahan populasi penduduk dan aktivitasnya. Perubahan tersebut tidak hanya mempengaruhi luas lahan melainkan juga mempengaruhi distribusi suhu permukaan. Namun, perubahan luas lahan bukan merupakan satu-satunya faktor yang menyebabkan perubahan suhu. Terdapat faktor lainnya, seperti gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Khusaini, 2008). Lebih lanjut disebutkan dalam penelitiannya di Kota Bogor, penurunan luas lahan terjadi pada penutupan lahan berupa badan air, vegetasi, ladang, dan semak dan rumput pada tahun 1997 hingga 2006. Peningkatan luasan terjadi pada wilayah penutupan lahan ladang terbangun yang sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk. Sementara itu, distribusi suhu permukaan di Kota Bogor pada tahun 1997 hingga 2006 terjadi peningkatan luas penyebaran pada kelas suhu 24-28°C dan terjadi penurunan luas penyebaran pada kelas suhu 20-24°C.

**Tabel 2.2** Komparasi Teori Indikator Penelitian

Aspek	Penulis	Indikator dalam Teori	Indikator Penelitian
Tutupan lahan mempengaruhi suhu permukaan	Fatimah, 2012	Tutupan lahan berdasarkan jenisnya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jenis tutupan lahan</li> <li>• Tingkat kerapatan vegetasi</li> <li>• Tingkat kerapatan lahan terbangun</li> </ul>
		Tingkat kerapatan vegetasi	
		Tingkat kerapatan bangunan	
	Iswanto, 2008	Jenis tutupan lahan	
		Tingkat kerapatan vegetasi	
		Tingkat kerapatan lahan terbangun/lahan terbuka	
	Khusaini, 2008	Jenis tutupan lahan	
	Triyanti, 2008	Jenis penutup lahan	
		Tingkat kerapatan vegetasi	
	Wardhana, 2003	Tipe tutupan lahan	
	Adiningsih, 2001	Jenis penutup lahan	

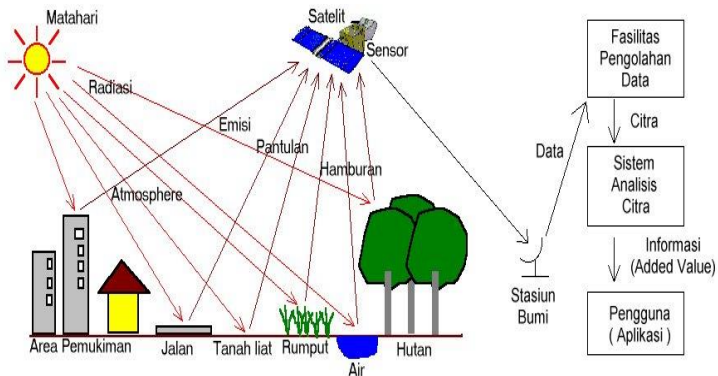
Sumber: Peneliti, 2016

## 2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau yang lebih sering dikenal sebagai “Inderaja” adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi mengenai suatu obyek, daerah, maupun fenomena melalui

analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa melakukan kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang diteliti (Lillesand dan Kiefer, 1994, dalam Triyanti, 2008). Pendeteksian perubahan fenomena di permukaan bumi dengan menggunakan teknik indera ialah suatu proses deteksi perubahan yang mengaplikasikan sejumlah sistem multitemporal untuk analisis kuantitatif terhadap perubahan fenomena yang sejalan dengan fungsi waktu (Jensen, 2005, dalam Dhartaredjasa, 2013). Dengan teknologi indera yang didukung oleh metode pengolahan citra dan perkembangan teknologi komputer memungkinkan proses analisis multitemporal perubahan tutupan lahan dari data indera dapat dilakukan secara cepat disamping lebih ekonomis.

Menurut Sutanto (1994) dalam Prasasti (2004), terdapat 4 (empat) komponen yang penting dalam sistem indera, meliputi: sumber tenaga elektromagnetik, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek, dan sensor. Konsep dasar sistem indera bermula dari perekaman obyek pada permukaan bumi (Purwadhi, 1990, dalam Triyanti, 2008). Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif yang berasal dari matahari, melakukan perjalanan tenaga melewati atmosfer yang selanjutnya berinteraksi dengan benda-benda yang terdapat pada permukaan bumi. Pantulan atau pancaran tenaga dari permukaan bumi tersebut direkam oleh sensor penginderaan jauh yang biasanya terpasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Hasil rekaman oleh sensor tersebut kemudian dikirimkan kepada stasiun penerima data yang ada di bumi. Data yang direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital, diproses di laboratorium pengolahan data untuk selanjutnya didistribusikan ke pengguna untuk berbagai keperluan.



**Gambar 2.3** Sistem Penginderaan Jauh  
Sumber: Paine, 1981 dalam Sutanto, 1994

Penilaian perubahan fenomena di permukaan bumi, termasuk tutupan lahan maupun suhu permukaan, dengan penginderaan jauh dapat dilakukan dengan menggunakan data yang terdapat pada citra multi-temporal, yakni pada wilayah yang sama dalam waktu yang berbeda (Yollanda, 2011). Hal tersebut misalnya berkaitan dengan sifat tutupan lahan yang dinamis atau terus mengalami perubahan baik di wilayah pedesaan maupun perkotaan, seperti perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun. Informasi perubahan fenomena permukaan bumi pada daerah penelitian dapat diperoleh dengan interpretasi citra satelit secara temporal. Pada jenis citra yang berbeda penilaian perubahan tutupan lahan tetap dapat dilakukan dengan syarat masing-masing peta harus memiliki skala dan sistem proyeksi yang sama sehingga dapat dikomparasikan.



Adapun tahapan pengolahan citra meliputi:

1. Mengukur kualitas data dengan *descriptive statistics* atau dengan tampilan citra.
2. Mengkoreksi kesalahan, baik *radiometric* (*atmospheric* atau sensor) maupun *geometric*.
3. Melakukan penajaman citra baik untuk analisa digital maupun visual
4. Melakukan survei lapangan.
5. Mengambil sifat tertentu dari citra dengan proses klasifikasi dan pengukuran akurasi dari hasil klasifikasi.
6. Memasukkan hasil olahan kedalam Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai input data.
7. Menginterpretasikan hasil.

## 2.5 Citra Landsat

Pada tanggal 23 Juli 1972 NASA meluncurkan satelit sumber daya alam yang pertama yaitu ERTS-1 (*Earth Resource Technology Satellite*) yang mengorbit mengelilingi bumi selaras dengan matahari. Peluncuran ERTS-2 dilakukan pada tahun 1975 dengan membawa sensor RBV (*Restore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang memiliki resolusi spasial 80 x 80 meter. Setelah peluncuran Satelit ERTS-1 dan ERTS-2 atau disebut juga Landsat 1 dan Landsat 2, peluncuran dilanjutkan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat TM 3, 4, 5, 7, dan 8.

Peluncuran Landsat TM 7 pada tahun 1998 merupakan perbaikan dari Landsat 6 yang gagal mengorbit. Dengan sistem *Thematic Mapper*, sensor satelit merekam data permukaan bumi dengan lebar sapuan (*scanning*) sebesar 185 km. Perekaman yang digunakan menggunakan 7 (tujuh) saluran panjang gelombang, meliputi tiga saluran panjang gelombang tampak,

tiga saluran panjang gelombang inframerah dekat, dan satu saluran panjang gelombang inframerah termal. Pada tahun 2013 Landsat 8 diluncurkan untuk melanjutkan misi Landsat 7. Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Sensor pencitra TIRS dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (NASA, 2008 dalam Sitanggang, 2010). Sensor pencitra OLI memiliki kanal-kanal spektral yang serupa dengan sensor ETM+ pada Landsat 7. Kanal-kanal baru yang terdapat pada sensor OLI ini, antara lain: kanal untuk deteksi aerosol garis pantai (kanal 1: 443 nm) dan kanal untuk deteksi *cirrus* (kanal 9: 1375 nm). Perbandingan parameter spektral instrumen OLI dan TIRS terhadap ETM+/Landsat 7, ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.3** Perbandingan Parameter-Parameter Spektral Sensor Pencitra OLI (Landsat 8) dan ETM+/Landsat 7

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

Sumber: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>, 2016

## **2.6 Suhu Permukaan**

Suhu permukaan adalah salah satu parameter kunci bagi neraca energi di permukaan dan juga merupakan parameter klimatologis yang utama. Fluks energi gelombang panjang yang kembali ke atmosfer dapat dikendalikan oleh suhu permukaan. Namun suhu permukaan juga sangat tergantung pada keadaan parameter permukaan lainnya, seperti albedo, kelembaban permukaan, kondisi dan tingkat penutupan vegetasi (Voogt, 1996, dalam Prasasti, 2004). Respon suhu permukaan ditentukan oleh radiasi matahari yang datang pada permukaan dan oleh parameter-parameter yang berhubungan dengan kondisi permukaan serta atmosfer seperti kelembaban tanah, termal inersia, dan albedo.

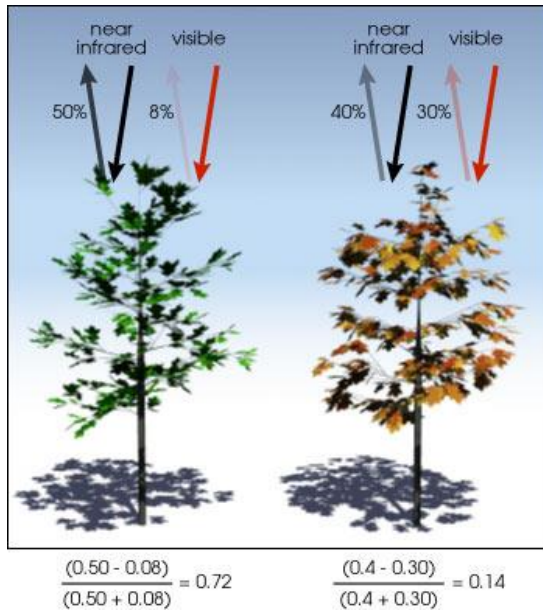
Suhu permukaan merupakan rata-rata suhu jenis permukaan di tiap piksel, yang dihitung dengan tutupan bobotnya (Kerr et al., 1992 dalam Fatimah, 2012). Hasil pengukuran kanal termal pada data satelit dapat digunakan untuk pemetaan pola suhu permukaan pada skala waktu dan spasial yang lebih luas. Suhu permukaan vegetasi kanopi merupakan suhu permukaan daerah yang bervegetasi yang padat, sementara untuk daerah yang jarang vegetasi adalah suhu rata-rata kanopi vegetasi, tubuh vegetasi, dan tanah. Pada permukaan bervegetasi, suhu permukaan secara tidak langsung dikendalikan oleh ketersediaan air pada mintakat (zone) perakaran dan secara langsung oleh evapotranspirasi.

## **2.7 Indeks Vegetasi dan Indeks Urban**

Untuk menentukan tingkat kerapatan vegetasi pada sebidang tanah, peneliti harus mengamati warna-warna yang berbeda (panjang gelombang) dari sinar matahari tampak dan inframerah dekat yang dipantulkan oleh tanaman. Indeks

Vegetasi atau seringkali disebut dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan data inderaja yang seringkali digunakan sebagai parameter wilayah bervegetasi. Indeks vegetasi merupakan hasil pendekatan matematis yang didasarkan pada pemantulan (albedo) tajuk vegetasi yang berupa nilai rasio ataupun kombinasi antara radiasi tampak dan inframerah dekat. Chilar (1991) dalam Triyanti (2008) mengatakan bahwa NDVI merupakan nilai ataupun indeks dari kondisi vegetasi/tumbuhan di suatu wilayah.

Ketika sinar matahari mengenai objek, panjang gelombang tertentu dari spektrum akan diserap dan panjang gelombang yang lain akan dipantulkan. Pigmen klorofil dalam daun tanaman, dengan kuat menyerap cahaya tampak (panjang gelombang:  $0,4 - 0,7 \mu\text{m}$ ) untuk digunakan dalam proses fotosintesis. Di sisi lain, struktur sel daun dengan kuat memantulkan cahaya inframerah dekat (panjang gelombang:  $0,7 - 1,1 \mu\text{m}$ ). Sehingga semakin banyak daun yang dimiliki oleh tanaman, semakin banyak pula panjang gelombang cahaya ini yang akan dipengaruhi (NASA, 2015).



**Gambar 2.4** Perbandingan Penyerapan dan Pemantulan Cahaya Tampak dan Inframerah Dekat oleh Vegetasi Sehat (kiri) dan Vegetasi Kurang Sehat/Jarang Vegetasi (kanan)  
Sumber: Simon dalam NASA, 2015

NDVI dapat dihitung dari cahaya tampak dan inframerah dekat yang dipantulkan oleh vegetasi. Vegetasi yang sehat menyerap sebagian besar cahaya tampak yang mengenainya dan memantulkan sebagian besar cahaya inframerah dekat (kiri). Vegetasi yang tidak sehat ataupun jarang vegetasi lebih banyak memantulkan cahaya tampak dan lebih sedikit cahaya inframerah dekat (kanan). Secara teoritis nilai indeks vegetasi mempunyai kisaran antara -1,0 sampai dengan +1,0. Namun kisaran sebenarnya yang menggambarkan kehijauan vegetasi adalah 0,1 sampai dengan 0,6. Vegetasi yang rapat ditunjukkan dengan nilai indeks vegetasi yang tinggi. Peningkatan nilai

indeks vegetasi menunjukkan biomassa hijau yang juga meningkat. Hutan tropis mempunyai nilai indeks vegetasi yang tinggi kira-kira 0,3, sedangkan untuk vegetasi jenis rerumputan mempunyai kisaran antara 0,1 sampai 0,25 dengan satu atau dua puncak nilai (Murai dan Honda, 1991). Persamaan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan persamaan yang sering digunakan dalam perhitungan indeks vegetasi.

Disamping indeks vegetasi terdapat pula Indeks Urban, yaitu parameter yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerapatan bangunan. Indeks urban atau sering disebut sebagai *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) merupakan indeks yang sangat sensitif terhadap lahan terbangun/lahan terbuka. Indeks ini dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pemetaan daerah urban melalui satelit Landsat TM/ETM+. Indeks urban memiliki korelasi yang negatif terhadap indeks vegetasi sehingga keduanya saling berbanding terbalik. Indeks urban didasarkan pada Landsat TM/ETM+ kanal 4 dan 7. NDBI diperkenalkan oleh Zha dkk. (2003) untuk otomatisasi proses pemetaan lahan terbangun. Model NDBI diaplikasikan untuk memetakan lahan perkotaan di Kota Nanjing, China. Hasilnya menunjukkan akurasi 92,6% dan membuktikan bahwa parameter ini dapat digunakan untuk memenuhi pemetaan lahan terbangun secara handal. Dalam perkembangannya, NDBI digunakan oleh beberapa peneliti dalam identifikasi penutup lahan terutama wilayah-wilayah terbangun dengan menggunakan data optis, seperti data Landsat.

Nasipuri dan Chatterjee (2009) menggunakan parameter NDBI, NDVI, dan NDWI yang diekstrak dari data ASTER untuk mengetahui kondisi penggunaan lahan di sekitar Bendungan Maithon, India. NDVI digunakan untuk mengetahui kualitas dan distribusi vegetasi, NDWI untuk mengetahui

karakteristi perairan, dan NDBI untuk mengetahui distribusi dan perubahan lahan terbuka. Sementara itu, Ogashawara dan Bastos (2012) menggunakan parameter NDBI, bersama-sama parameter NDVI, dan NDWI (*Normalized Difference Water Index*), serta temperatur untuk menganalisis hubungan antara penutup lahan perkotaan terhadap *urban heat island*.

Lebih lanjut, Zhang dkk (2009) berusaha untuk mengetahui karakteristik suhu permukaan pada daerah berpermukaan kedap resapan (*impervious surface area*) di Kota Fuzhou, China tahun 1989 dengan menggunakan data Landsat TM dan ETM+. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan yang lemah antara NDVI dan LST (*Land Surface Temperature*), namun disisi lain ditemukan hubungan yang kuat antara ISA (*sub-pixel Impervious Surface Area*), NDBI, dan LST. Dari penelitian tersebut didapatkan persentase ISA yang dikombinasikan dengan LST dan NDBI dapat secara kuantitatif menggambarkan distribusi spasial dan temporal variasi pola panas perkotaan yang berasosiasi dengan kondisi penutup/penggunaan lahan. Dari hasil kajian terhadap penggunaan parameter NDVI dan NDBI, dapat diketahui parameter NDVI sering digunakan untuk mengetahui kualitas dan distribusi vegetasi dan NDBI seringkali digunakan dalam memahami kondisi penutup lahan, terutama lahan terbangun di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Dalam penelitian ini kedua parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi dan tingkat kerapatan bangunan pada wilayah studi.

## **2.8 Penelitian Sebelumnya**

Studi penginderaan jauh biasanya meneliti dampak dari perubahan tutupan lahan dengan memeriksa berapa persen dari suhu per respmukaan dapat dijelaskan oleh adanya permukaan

yang kedap air (atap bangunan dan trotoar), indeks vegetasi, dan karakteristik permukaan seperti ketinggian dan topografi (Lo dan Quattrochi, 2003 dalam Coseo dan Larsen, 2014). Penelitian UHI yang berbasis pada penginderaan jauh telah banyak didokumentasikan baik besaran dan distribusi spasial UHI pada daerah yang luas hingga sifat material yang menjebak panas. Tabel berikut ini akan menjelaskan penelitian terkait UHI yang pernah dilakukan sebelumnya.



**Tabel 2.4** Penelitian Terdahulu yang Terkait

Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
Fatimah, 2012	<i>Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000, dan 2011</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengetahui pola spasial dan arah perubahan suhu permukaan daratan di Kota Surabaya.</li> <li>Mengetahui keterkaitan antara suhu permukaan daratan terhadap tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan pada tahun 1994, 2000, dan 2011</li> </ul>	1) Analisis kualitatif : Pendekatan secara spasial dan pendekatan ekologi 2) Analisis kuantitatif : Uji korelasi <i>Pearson Product Moment</i>	Pola spasial Suhu Permukaan Daratan (SPD) pada tahun 1994, 2000, dan 2011 cenderung terkonsentrasi di pusat kota. SPD berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi, namun berkorelasi positif dengan kerapatan bangunan. Arah perubahan wilayah SPD tinggi pada tahun 1994-2000 mengelompok di pusat kota dari arah utara hingga ke selatan, sementara pada tahun 2000-2011 wilayah SPD tinggi meluas ke arah barat

				sampai timur Kota Surabaya.
Iswanto, 2008	<i>Urban Heat Island di Kota Pangkalpinang</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengetahui pola spasial suhu permukaan di Kota Pangkalpinang pada Tahun 2000 dan 2006 serta perbedaannya</li> <li>• Mengetahui hubungan antara suhu permukaan dengan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun dan/atau lahan terbuka di Kota Pangkalpinang</li> </ul>	1) Statistik deskriptif 2) Hubungan antarvariabel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Visual map comparison</i></li> <li>• Analisis korelasi</li> <li>• Analisis regresi least square</li> </ul>	Wilayah UHI baik di tahun 2000 maupun tahun 2006 mempunyai pola kontinu pada bagian tengah kota. Suhu permukaan tertinggi terdapat pada tipe tutupan lahan urban dan lahan terbuka dan suhu permukaan terendah pada badan air. Hutan, pertanian lahan kering, lahan basah, dan rumput umumnya mempunyai suhu permukaan yang tidak berbeda jauh dengan rumput konsisten mempunyai suhu tertinggi. Semakin tinggi

		pada Tahun 2000 dan 2006		suhu permukaan maka akan semakin rendah pula kerapatan vegetasinya terkecuali pada tutupan lahan badan air. Semakin tinggi suhu permukaan maka akan semakin tinggi pula kerapatan lahan terbangun dan/atau lahan terbuka.
Khusaini, 2008	<i>Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan terhadap Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bogor dengan</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengetahui perubahan penutupan lahan di Kota Bogor pada Tahun 1997 dan Tahun 2006</li> <li>• Mengetahui distribusi suhu permukaan di Kota Bogor pada Tahun</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pengolahan Citra Landsat TM dan ETM menggunakan perangkat lunak ERDAS Imagine.</li> <li>2) Teknik Analisis Overlay</li> <li>3) Statistik Deskriptif</li> </ol>	Perubahan tutupan lahan dipengaruhi oleh faktor pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan berbagai aktivitas manusia. Perubahan tutupan lahan tersebut selain berpengaruh terhadap kondisi suhu tempat penutupan lahan itu

	<i>Menggunakan Citra Satelit Landsat dan Sistem Informasi Geografis</i>	<p>1997 dan Tahun 2006</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengetahui pengaruh perubahan luasan penutupan lahan terhadap distribusi suhu permukaan di Kota Bogor</li> </ul>		sendiri, juga berpengaruh terhadap kondisi suhu pada wilayah sekitarnya.
Triyanti, 2008	<i>Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006</i>	Mengetahui pola spasial suhu permukaan di Kota Semarang pada Tahun 2001 dan 2006 serta hubungannya dengan perubahan tutupan lahan dan kerapatan vegetasinya	1) Analisis deskriptif kausal: Analisis regresi linier berganda Analisis deskriptif komparatif	Variasi spasial suhu permukaan di Kota Semarang dipengaruhi secara signifikan oleh kerapatan vegetasi dan tutupan lahan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 53,1% (tahun 2001) dan 54,7% (tahun 2006). Sementara variasi spasial dari suhu permukaan pada kerapatan

				vegetasi dan tutupan lahan yang sama dipengaruhi oleh jenis penggunaan tanahnya.
Wardhana , 2003	<i>Pengaruh Tipe Penutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bogor</i>	Mengetahui perkembangan suhu permukaan akibat adanya perbedaan penutupan lahan di Kota Bogor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pengolahan Citra menggunakan perangkat lunak ERDAS IMAGINE</li> <li>2) Metode klasifikasi menggunakan <i>Maximum Likelihood Classification</i></li> <li>3) Hubungan antara tutupan lahan terhadap suhu permukaan menggunakan teknik <i>overlay</i></li> </ol>	Suhu permukaan pada setiap tipe penutupan lahan di Kota Bogor pada tahun 2001 adalah Tubuh air (25-26°C), Vegetasi tinggi (26°C), Tumbuhan semusim (26-27°C), Permukiman (27-28°C), dan Industri (27-29°C).

Adiningsih, 2001	<i>Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan</i>	Mengetahui pengaruh perubahan penutup lahan terhadap perubahan distribusi spasial suhu udara permukaan di daerah cekungan Bandung selama periode 1994 – 1998	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Klasifikasi tutupan lahan dilakukan terhadap band 2, 4, dan 5 dengan metode <i>Maximum Likelihood Classification</i></li> <li>2) Analisis terhadap hasil overlay dilakukan untuk mengetahui perkembangan suhu udara permukaan akibat adanya perubahan penutup lahan</li> </ol>	Diperolehnya hubungan yang erat antara perubahan penutup lahan dengan Suhu Permukaan Daratan, ditandai oleh kesamaan pola perubahan luas penutup lahan dan perubahan distribusi spasial udara permukaan. Adanya daerah bukan permukiman dengan suhu tinggi, kemungkinan disebabkan oleh adanya sumber panas lain pada daerah tersebut.
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sumber: Peneliti, 2016

## 2.9 Sintesa Pustaka

Berikut ini merupakan sintesa pustaka dari indikator dan variabel yang digunakan dalam penelitian ini .

**Tabel 2.5** Hasil Sintesa Kajian Pustaka

Aspek	Indikator	Variabel
Pengertian mengenai <i>Urban Heat Island</i>	Perbedaan suhu permukaan	Suhu permukaan
Tutupan lahan mempengaruhi suhu permukaan	Jenis tutupan lahan mempengaruhi suhu permukaan	Tutupan lahan
	Tingkat kerapatan vegetasi berpengaruh dalam meredam suhu permukaan	Kerapatan vegetasi
	Tingkat kerapatan bangunan berpengaruh dalam peningkatan suhu permukaan	Kerapatan lahan terbangun

Sumber: Peneliti, 2016

Dalam indikator jenis tutupan lahan mempengaruhi suhu permukaan, tutupan lahan dilihat berdasarkan luasan tiap kelas tutupan lahan yang mana dalam penelitian ini kelas tutupan lahan tersebut, meliputi: badan air, tambak, permukiman, industri, jalan dan lahan bervegetasi. Variabel suhu permukaan sebagai variabel terikat, dapat dilihat berdasarkan distribusi suhu permukaannya. Untuk variabel kerapatan kerapatan vegetasi dilihat berdasarkan nilai NDVI dan variabel kerapatan lahan terbangun dapat dilihat berdasarkan nilai NDBI.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Paradigma dan Pendekatan Penelitian**

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif sebagaimana Kasiram (2008) dalam bukunya mendefinisikan penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Penelitian kuantitatif didasarkan pada asumsi bahwa realitas yang menjadi sasaran penelitian berdimensi tunggal, fragmental, dan cenderung bersifat tetap sehingga dapat diprediksi dan variabel dapat diidentifikasi serta diukur dengan alat-alat yang obyektif dan baku. (Nana Sudjana dan Ibrahim, 2001; Del Siegle, 2005, dan Johnson, 2005). Peneliti menggunakan pola berpikir deduktif (rasional – empiris atau *top-down*), yang berusaha memahami suatu fenomena dengan cara menggunakan konsep-konsep yang umum untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang bersifat khusus.

Paradigma merupakan cara pandang seorang ilmuwan dari sisi strategis yang paling menentukan nilai dari sebuah disiplin ilmu pengetahuan (Bungin, 2005). Paradigma juga dapat dinyatakan sebagai cara pandang seorang peneliti dalam melihat suatu gejala sosial (Prasetyo, 2005). Paradigma yang digunakan dalam penelitian ini adalah paradigma positivistik yang bertujuan untuk melakukan eksplanasi (menjelaskan), eksplorasi (penjajakan/penyelidikan), deskripsi (penggambaran), verifikasi (pengujian) tentang fenomena mengapa peristiwa terjadi, bagaimana frekuensinya (intensitasnya), proses kejadiannya, hubungan antarvariabel, rekaman perkembangan, bentuk dan polanya.

### **3.2 Jenis Penelitian**

Jenis dari penelitian ini adalah penelitian deskriptif dimana penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dilakukan untuk menyelidiki keadaan, kondisi, yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian dengan apa adanya (Arikunto, 2010). Penelitian ini dirancang untuk menentukan tingkat hubungan variabel-variabel yang berbeda dalam suatu populasi maupun untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara dua atau beberapa variabel. Penelitian deskriptif ini dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya.

### **3.3 Indikator, Variabel dan Definisi Operasional**

Variabel penelitian merupakan dasar dari penelitian yang menjadi gambaran awal hasil penelitian sebab disamping sebagai obyek pengamatan ia juga menggambarkan batasan dari penelitian. Pemilihan variabel penelitian didasarkan dari hasil sintesa pustaka dari studi literatur terkait. Pada tabel berikut dibedakan antara indikator variabel, definisi operasional, dan parameter, berdasarkan tiap sasaran penelitian.

**Tabel 3.1** Indikator, Variabel, Definisi Operasional, dan Parameter

Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional	Parameter
<b>Sasaran 1:</b> Menganalisis distribusi suhu permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015	Perbedaan suhu permukaan	Suhu Permukaan	Distribusi besaran dalam rentang °C suhu permukaan dalam tiap satuan luas pengukuran	Luasan tiap rentang °C suhu permukaan dalam tiap piksel ukuran 30m x 30m
<b>Sasaran 2:</b> Menganalisis perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015	Jenis tutupan lahan mempengaruhi suhu permukaan	Tutupan lahan	Jenis tutupan lahan dalam tiap satuan luas pengukuran	Luasan tiap jenis tutupan lahan dalam tiap piksel ukuran 30m x 30m
	Tingkat kerapatan vegetasi berpengaruh dalam meredam suhu permukaan	Kerapatan vegetasi	Rata-rata kerapatan antardaun tanaman (Indeks Vegetasi) dalam tiap satuan luas pengukuran	Luasan tutupan vegetasi dalam tiap piksel ukuran 30m x 30m

	Tingkat kerapatan bangunan berpengaruh dalam peningkatan suhu permukaan	Kerapatan lahan terbangun	Rata-rata kerapatan antarbangunan (Indeks Urban) dalam tiap satuan luas pengukuran	Luasan tutupan lahan terbangun dalam tiap piksel ukuran 30m x 30m
<b>Sasaran 3:</b> Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap perubahan suhu udara di Kota Surabaya	Hasil Sasaran 1 dan 2			

Sumber: Peneliti, 2016

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah suatu langkah dalam metode ilmiah melalui prosedur yang sistematis, logis, dan proses pencarian data yang valid untuk keperluan analisis dan pelaksanaan pembahasan suatu riset secara benar untuk menemukan kesimpulan, memperoleh jawaban dan sebagai upaya untuk memecahkan suatu persoalan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

##### 3.4.1.1 Metode Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang dihimpun secara langsung dari sumbernya dan diolah sendiri oleh lembaga yang bersangkutan untuk dimanfaatkan (Ruslan, 2004, dalam Harygustia, 2009). Data primer dalam penelitian ini berupa informasi tutupan lahan di lokasi-lokasi sampel pada wilayah studi. Informasi tersebut berguna untuk menilai ketepatan akurasi citra landsat Kota Surabaya Tahun 2015. Penggunaan alat bantu berupa GPS dapat digunakan untuk memperoleh informasi tersebut.

**Tabel 3.2** Data Primer, Sumber Data, dan Teknik Pengumpulan Data

No	Data	Sumber Data	Teknik Pengumpulan Data
1	Informasi mengenai jenis-jenis tutupan lahan eksisting di wilayah studi	Kondisi eksisting wilayah studi	Observasi lapangan

Sumber: Peneliti, 2016

### 3.4.1.2 Metode Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder ialah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui perantara yang dihasilkan oleh pihak lain. Data sekunder dalam penelitian ini berupa Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya tahun 2001 serta Citra Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2015 yang dapat diperoleh dari website *U.S. Geological Survey* (USGS) yaitu <http://www.usgs.gov/>. Alasan pemilihan data citra landsat untuk kedua tahun tersebut lebih didasarkan pada ketersediaan data yang mendukung terhadap penelitian ialah data citra landsat pada kedua tahun tersebut. Selain itu, juga diperlukan Peta Administrasi dan Jaringan Jalan Kota Surabaya yang dapat diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya. Pengumpulan data sekunder juga dilakukan melalui studi literatur dari buku-buku, penelitian-penelitian, dan *browsing* internet untuk mendapatkan informasi yang bersangkutan dengan penelitian ini.

**Tabel 3.3** Data Sekunder, Sumber Data, dan Teknik Pengumpulan Data

No	Data	Sumber Data	Teknik Pengumpulan Data
1	Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya tahun 2001	<i>U.S Geological Survey</i>	Survei Media
2	Citra Landsat 8 Kota Surabaya tahun 2015	<i>U.S Geological Survey</i>	Survei Media
4	Peta Administrasi dan Jaringan	Badan Perencanaan	Survei Instansi

	Jalan Kota Surabaya	Pembangunan Kota Surabaya	
--	---------------------	---------------------------	--

Sumber: Peneliti, 2016

### 3.5 Populasi dan Sampel

Sugiyono (2004) mendefinisikan populasi sebagai wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek atau subyek yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari. Populasi yang didefinisikan dalam penelitian ini adalah jumlah seluruh piksel yang ada pada peta citra landsat Kota Surabaya dimana ukuran tiap piksel tersebut adalah 30x30 meter. Populasi penelitian ini terhitung berjumlah 371.102 piksel, yang mencakup seluruh wilayah Kota Surabaya pada peta citra landsat.

Jumlah sampel yang akan diambil, ditentukan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Slovin. Dengan jumlah populasi sebesar 371.102 piksel maka jumlah sampel yang harus diambil adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

dengan,

n = Jumlah sampel

N = Jumlah populasi

e = Persen kelonggaran ketidaktelitian karena kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat ditolerir atau diinginkan, yaitu (10%).

$$n = \frac{371.102}{1 + 371.102 (0,10)^2} = \frac{371.102}{3712,02} = 99,97$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan jumlah sampel yang harus diambil ialah sebesar 99,97 atau dibulatkan menjadi 100 sampel. Dari seratus sampel tersebut pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *proportional random sampling*. Dengan bantuan perangkat Ms. Excel, pada tiap jenis tutupan lahan masing-masing diambil sampelnya. Adapun proporsi jumlahnya menyesuaikan dengan banyaknya piksel yang dimiliki tiap jenis tutupan lahan hasil klasifikasi tahun 2015. Pada seratus sampel terpilih, didapatkan 50 sampel permukiman, 3 sampel industri, 26 sampel lahan bervegetasi, 16 sampel badan air, dan 5 sampel jalan. Setiap sampel yang diambil akan memiliki jenis tutupan lahan, nilai suhu permukaan, nilai indeks kerapatan vegetasi, dan nilai indeks kerapatan lahan terbangun tertentu yang akan digunakan dalam tahap analisis data. Sementara itu, dalam pengambilan sampel di lapangan digunakan alat bantu berupa *Geo Positioning System* (GPS) yang berguna untuk merekam koordinat titik sampel.

### **3.6 Teknik Analisis**

Analisis data merupakan kegiatan memfokuskan, mengabstraksikan, mengorganisasi data secara sistematis dan rasional untuk memberikan bahan jawaban terhadap permasalahan (Suryana, 2010). Untuk itu pemilihan teknik analisis yang tepat sangat diperlukan dalam penelitian untuk mengolah data dan informasi sehingga tujuan penelitian dapat terjawab. Pada tabel berikut dapat dilihat pemilihan teknik analisis yang digunakan oleh peneliti serta penjabaran analisis berdasarkan sasaran penelitian.



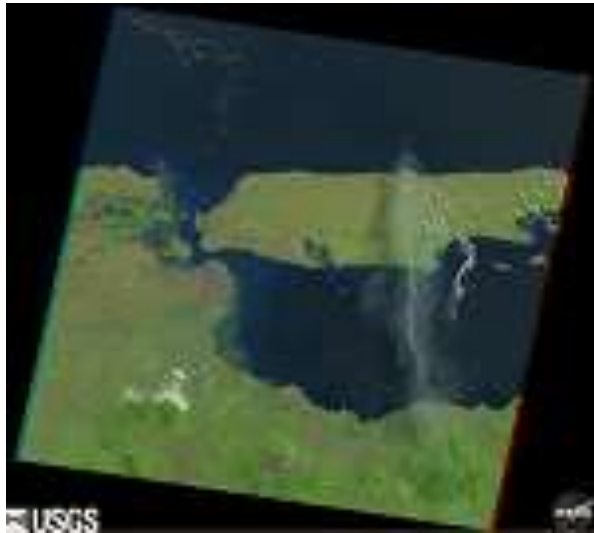
**Tabel 3.4** Data Input, Alat Analisis, dan Luaran Berdasarkan Sasaran Penelitian

No	Sasaran Penelitian	Data Input	Alat Analisis	Luaran
1	Menganalisis distribusi suhu permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015	Citra Landsat Kota Surabaya tahun 2001 dan 2015	Konversi band termal menjadi suhu permukaan	Peta distribusi spasial suhu permukaan
2	Menganalisis perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015	Citra Landsat Kota Surabaya tahun 2001 dan 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Maximum likelihood classification</i></li> <li>• Konversi nilai band merah dan band inframerah dekat menjadi nilai indeks kerapatan vegetasi (NDVI)</li> <li>• Konversi nilai band inframerah dekat dan band</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peta tutupan lahan</li> <li>• Peta Kerapatan Vegetasi</li> <li>• Peta Kerapatan Lahan Terbangun</li> </ul>

			inframerah tengah menjadi nilai indeks kerapatan lahan terbangun (NDBI)	
3	Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap perubahan suhu udara di Kota Surabaya	Luaran Sasaran 1 dan Sasaran 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overlay</li> <li>• Analisis regresi dan korelasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deskripsi hubungan variabel tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun terhadap suhu permukaan</li> <li>• Model matematis hubungan kerapatan vegetasi dan kerapatan lahan terbangun terhadap suhu permukaan</li> </ul>

Sumber: Peneliti, 2016

Sebelum citra landsat dianalisis, citra landsat yang diperoleh (Gambar 3.1 dan Gambar 3.2) perlu dipotong untuk memperoleh wilayah preferensi (*area of interest*). Proses pemotongan dapat dilakukan dengan menggunakan tool *Extract by Mask* pada software ArcGIS 10.2.1 dengan wilayah referensinya adalah *shapefile* wilayah Kota Surabaya. Karena citra landsat yang diperoleh sudah terkoreksi secara geometris maka pemotongan dapat langsung dilakukan.



**Gambar 3.1** Citra Landsat 7 ETM+ Path 118 Row 65 Aquisisi 4  
Agustus 2001

Sumber: U.S. Geological Survey, 2016



**Gambar 3.2** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Path 118 Row 65 Aquisisi  
20 September 2015  
Sumber: U.S. Geological Survey, 2016

Pemotongan citra dilakukan terhadap band-band yang akan digunakan dalam tahap analisis. Pada citra landsat 7 ETM+ pemotongan dilakukan pada band *blue*, *green*, *red*, *near infrared* (NIR), TIR (VCID 1 dan VCID 2), *shortwave infrared* (SWIR-2). Sedangkan pada citra landsat 8 OLI/TIRS pemotongan dilakukan pada band *blue*, *green*, *red*, *near infrared* (NIR), TIR 1 dan TIR 2, *shortwave infrared* (SWIR-2). Citra hasil pemotongan selanjutnya digunakan dalam tahap analisis.

### **3.6.2 Menganalisis Distribusi Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015**

Pada prinsipnya untuk memperoleh nilai suhu permukaan dari data citra landsat terdapat beberapa langkah

yang perlu dilakukan, yakni mengekstrak nilai DN (*digital number*) dari band termal menjadi nilai suhu permukaan. Band termal merupakan band yang memiliki kepekaan terhadap geothermal dan merekamnya dalam bentuk nilai DN. Oleh karena itu, band termal tersebut sering dimanfaatkan dalam pemetaan suhu permukaan bumi. Pada citra landsat tahun 2001, band termal terdapat pada band 6 (terdiri dari VCID 1 dan VCID 2), sedangkan pada citra landsat 8, band termal tersebut terdapat pada band 10 dan band 11. Dalam *Landsat 7 Science Data Users Handbook* diterangkan mengenai konversi nilai DN band 6 menjadi nilai suhu permukaan pada citra landsat 7 ETM+. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengubah nilai piksel band 6 (VCID 1 dan VCID 2) menjadi nilai spektral radian. Reeves, et al. (1975), mengatakan nilai spektral radian adalah fluks radian per unit pada sudut tertentu yang diradiasikan oleh suatu objek ke arah tertentu. Nilai radian spektral digunakan untuk pengolahan yang berhubungan dengan suhu permukaan. Sebelum peluncuran satelit, hubungan antara nilai spektral radian dan nilai piksel (DN) telah ditentukan (kalibrasi sensor). Pada band termal, konversi DN menjadi nilai spektral radian dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_{\lambda} = ((L_{\max} - L_{\min}) / (QCAL_{\max} - QCAL_{\min})) * (QCAL - QCAL_{\min}) + L_{\min} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana:

- $L_{\lambda}$  = Spektral radian BAND\_x dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \*  $\mu$ m), dimana x adalah nomor band
- QCAL = Nilai piksel citra satelit DN
- $L_{\min}$  = Spektral radian QCAL<sub>min</sub> dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \*  $\mu$ m)
- $L_{\max}$  = Spektral radian QCAL<sub>max</sub> dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \*  $\mu$ m)

QCAL<sub>min</sub> = Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra (berhubungan dengan L<sub>min</sub>)

QCAL<sub>max</sub> = Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra (berhubungan dengan L<sub>min</sub>)

Langkah berikutnya adalah mengubah nilai spektral radian menjadi nilai suhu permukaan dengan menggunakan formula:

$$T = \left( \frac{K_2}{\ln \left( \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \right) - 273,15 \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana:

T = Temperatur dalam derajat Celcius

K<sub>1</sub> = Konstanta kalibrasi

K<sub>2</sub> = Konstanta kalibrasi

L<sub>λ</sub> = Spektral Radian *watts/(meter squared \* ster \* μm)*

Nilai 273,15 pada persamaan (3.2) merupakan nilai yang dimasukkan untuk mengkonversi satuan derajat Kelvin menjadi satuan derajat Celcius (273,15 °K setara dengan 0 °C). Hal tersebut dilakukan karena nilai suhu yang terekam oleh citra landsat memiliki satuan derajat Kelvin sehingga perlu diubah menjadi derajat Celcius.

Sementara itu, untuk Landsat 8 konversi nilai DN menjadi nilai spektral radian dihitung berdasarkan rumus:

$$L_\lambda = M_L QCAL + A_L \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana,

L<sub>λ</sub> = Spektral radian BAND\_x dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm), dimana x adalah nomor band

- $M_L$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)  
 $QCAL$  = Nilai piksel citra satelit (DN)  
 $A_L$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

Setelah DN diubah menjadi nilai spektral radian, lalu dilakukan konversi menjadi nilai suhu permukaan hasil rekaman citra satelit. Proses konversi tersebut menggunakan persamaan (3.2), namun untuk nilai  $K_1$  dan  $K_2$  tergantung pada nomor band (band 10 atau band 11).

Pemetaan emisivitas permukaan (*land surface emissivity*) menjadi penting terutama untuk mengurangi kesalahan dalam estimasi suhu permukaan menggunakan citra satelit (Fawzi, 2014). Emisivitas permukaan dapat didefinisikan sebagai kemampuan objek untuk memancarkan energi termal yang dimilikinya (Mallick et al., 2012). Vidal (1991) menyatakan bahwa kesalahan emisivitas sebesar 0,01 akan menyebabkan kesalahan suhu sebesar 0,5-1 °K. Sedangkan, Fawzi (2014) menemukan setiap kesalahan emisivitas sebesar 0,01 menyebabkan kesalahan suhu sebesar 2,4°. Dengan kata lain, emisivitas yang rendah akan mengakibatkan kesalahan suhu lebih dari 10 °K untuk beberapa tipe tutupan lahan dengan perubahan 0,01, ini akan mengakibatkan kesalahan sebesar 0,7 – 1 °K. Beberapa metode dikembangkan untuk memperoleh emisivitas permukaan dari data penginderaan jauh. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mendapatkan emisivitas permukaan adalah dengan menghitung fraksi vegetasi (Pv) yang dibentuk dari nilai Indeks Vegetasi (NDVI) (Das, 2015). Pv merupakan fraksi vegetasi dengan nilai bervariasi

dari 0,00 – 1,00 (*Carlson and Ripley, 1997*). Untuk mendapatkan nilai  $P_v$  maka perlu menskalakan NDVI untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energi permukaan. Fraksi vegetasi dan emisivitas masing-masing dihitung dengan persamaan (3.4) dan persamaan (3.5).

$$P_v = (NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2 \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana,

$P_v$  = Fraksi penutup vegetasi

$$e = 0.004P_v + 0.986 \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana,

$e$  = emisivitas

Das (2015) menggunakan nilai emisivitas tersebut untuk menghitung nilai suhu permukaan dengan menggunakan rumus:

$$LST = BT / 1 + w * (BT / p) * \ln(e) \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana,

$BT$  = Temperatur hasil rekaman citra satelit

$w$  = panjang gelombang dari *emitted radiance* (11,5  $\mu m$ )

$p$  =  $h * c / s$  ( $1,438 * 10^{-2}$  m K)

$h$  = Konstanta Planck ( $6,626 * 10^{-34}$  Js)

$s$  = Konstanta Boltzmann ( $1,38 * 10^{-23}$  J/K)

$c$  = *velocity of light* ( $2,998 * 10^8$  m/s)

$p$  = 14380

Sehingga berdasarkan serangkaian proses perhitungan diatas maka dapatlah diperoleh peta distribusi suhu permukaan untuk Tahun 2001 dan Tahun 2015. Pembagian kelas suhu dilakukan berdasarkan histogram sebaran suhu permukaan. Dari



kelas-kelas tersebut dilakukan perhitungan luasan distribusi suhu permukaan pada tiap kelasnya. Hasil perhitungan luasan pada masing-masing peta tersebut selanjutnya diperbandingkan satu sama lain berdasarkan tahunnya untuk dapat diketahui perubahannya.

### **3.6.2 Menganalisis Perubahan Tutupan Lahan, Kerapatan Vegetasi (NDVI), dan Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015**

Pada tahap analisis ini terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan, meliputi klasifikasi tutupan lahan, pengolahan NDVI, dan pengolahan NDBI.

#### **1. Klasifikasi Tutupan Lahan**

Proses pengklasifikasian citra satelit umumnya dapat dilakukan secara terawasi (*supervised classification*) dan tak terawasi (*unsupervised classification*) (Soenarmo, 2009: 132-133). Pada teknik klasifikasi yang pertama, identitas dan lokasi dari suatu liputan lahan seperti lahan pertanian, hutan, dan perkotaan telah diketahui melalui pemeriksaan lapangan atau interpretasi dari foto udara. Analisa diarahkan untuk melokalisasi tempat spesifiknya di citra dengan mencari training sampel yaitu dapat berupa objek (*polygon*) atau piksel. Training sampel yang diambil dalam penelitian ini ialah berupa training sampel berbasis piksel. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada pendapat Noviar (2012) bahwa pengambilan training sampel yang dilakukan secara manual dengan mengambilnya sehomogen mungkin, keakuratan klasifikasi yang dihasilkannya masih kurang baik dibandingkan klasifikasi berbasis kehomogenan piksel. Teknik ini merupakan cara alternatif dimana piksel dengan nilai

sejenis atau saling mempunyai kedekatan tertentu akan bergabung menjadi satu kelas sehingga akan terjadi beberapa kelas dengan nilai spektral tertentu. Setiap kelas kemudian ditentukan jenis liputan lahannya oleh operator.

Teknik klasifikasi tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *supervised classification* dengan metode kemiripan maksimum. Metode kemiripan maksimum (*maximum likelihood classification*) merupakan suatu cara yang membandingkan nilai piksel dengan *training site* dengan asumsi bahwa sebaran pikselnya terdistribusi secara normal. Bila kemiripan nilai maksimum maka piksel tersebut akan dikelompokkan pada kelas tersebut. Klasifikasi tutupan lahan dari data citra landsat dilakukan dengan memanfaatkan komposit band RGB 321 untuk citra landsat ETM+ dan RGB 432 untuk citra landsat 8 OLI/TIRS.

Pembagian kelas lahan pada klasifikasi ini dibedakan menjadi: permukiman, industri, badan air, jalan, dan lahan bervegetasi. Data citra landsat Kota Surabaya yang diperoleh merupakan citra landsat yang bersih dari tutupan lahan sehingga kelas tutupan awan tidak dimasukkan dalam klasifikasi. Hasil dari proses klasifikasi adalah berupa peta kelas tutupan lahan yang daripadanya dapat dihitung persentase luas dari tiap-tiap kelas tutupan lahan.

Pembagian kelas tutupan lahan dalam klasifikasi ini dibedakan menjadi permukiman, industri, jalan, badan air, dan lahan bervegetasi.

#### 1. Permukiman

Yang termasuk kedalam kelas permukiman ialah tutupan lahan berupa area terbangun dengan berbagai jenis penggunaan lahan seperti perumahan, perdagangan dan jasa, dan fasilitas umum.

## 2. Industri

Yang termasuk dalam kelas ini ialah jenis tutupan lahan berupa area perindustrian dan pergudangan. Kategori kelas ini tidak dimasukkan kedalam kelas permukiman sebab masih dapat dibedakan kenampakkannya pada peta citra landsat.

## 3. Jalan

Yang termasuk dalam kelas ini ialah tutupan lahan yang permukaan diperkeras dengan bahan dari aspal ataupun beton.

## 4. Badan Air

Jenis tutupan lahan yang termasuk dalam kelas badan air, meliputi tutupan lahan berupa sungai, bozem, kolam, laut, dan tambak.

## 5. Lahan Bervegetasi

Kelas lahan bervegetasi tidak membedakan antara vegetasi rapat dan vegetasi campuran. Beberapa contoh tutupan lahan dari kelas ini meliputi mangrove, vegetasi pohon, ruang terbuka hijau pekarangan, tegalan, tempat pemakaman umum, sawah dan lahan dengan permukaan hijau lainnya.

## 2. Pengolahan NDVI

Dalam menganalisis kerapatan vegetasi pada data citra landsat, dapat memanfaatkan kombinasi dari

band inframerah dekat (*band near infrared*) dan band merah (*band red*). Band inframerah dekat atau disingkat band NIR merupakan band yang peka terhadap sejumlah biomassa vegetasi pada wilayah penelitian. Sehingga dapat membantu dalam hal identifikasi tanaman serta akan memperkuat kontras antara tanaman-tanah dan lahan-air. Sedangkan band merah merupakan saluran penting yang mampu memisahkan keberadaan vegetasi. Band merah mampu memperkuat kontras antara kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi, juga menajamkan kontras antarkelas vegetasi. Tingkat kerapatan vegetasi suatu pada citra landsat dapat diidentifikasi dari indeks vegetasi atau *Normallized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode pengolahan indeks vegetasi tersebut dilakukan dengan menghitung nilai indeks vegetasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana,

NDVI = Indeks vegetasi

$\rho_{NIR}$  = Nilai reflektan band inframerah dekat

$\rho_{RED}$  = Nilai reflektan band merah

Pada software ArcGIS versi 10.2.1 perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan tool *raster calculator* dengan memasukkan nilai band inframerah dekat dan band merah sebagai inputnya. Namun sebelum proses tersebut dilakukan terlebih dahulu kedua band tersebut diubah nilainya menjadi nilai band inframerah reflektan dan band merah reflektan. Pada citra landsat 7, untuk

mengubah nilai DN menjadi reflektan terlebih dahulu nilai DN diubah menjadi nilai spektral radian dengan persamaan (3.1). Hasilnya adalah berupa peta spektral radian untuk band inframerah dekat dan band merah. Langkah selanjutnya ialah mengubah nilai spektral radian menjadi nilai reflektan dengan menggunakan rumus :

$$\rho_{\lambda} = (\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2) / (ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta_s) \dots \dots \dots (3.8)$$

dimana,

$\rho_{\lambda}$	= <i>Top of Atmosphere</i> (TOA) Reflektan
$\pi$	= Konstanta matematika (3,14159)
$L_{\lambda}$	= Spektral radian BAND_x dalam watts/(m <sup>2</sup> * ster * $\mu$ m), dimana x adalah nomor band
d	= Jarak Bumi-Matahari
$ESUN_{\lambda}$	= <i>Mean exoatmospheric solar irradiance</i> watts/(m <sup>2</sup> * $\mu$ m)
$\theta_s$	= Sudut zenith matahari

Nilai d untuk citra landsat 7 aqisisi 4 Agustus 2001 adalah 1.01458, sedangkan  $ESUN_{\lambda}$ -nya bernilai 1533 untuk band merah dan bernilai 1039 untuk band inframerah dekat (Chander, 2009).  $\theta_s$  merupakan sudut zenith matahari yang nilainya disetarakan dengan sudut elevasi matahari (SUN\_ELEVATION) yang terdapat pada file metadata dari citra landsat 7 aqisisi 4 Agustus 2001, yaitu 49.80893069<sup>0</sup>. Sementara untuk citra landsat 8, pengubahan nilai DN menjadi reflektan dapat dilakukan tanpa menghitung nilai spektral radiannya terlebih dahulu, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$\rho_{\lambda}' = M_p \cdot Q_{cal} + A_p \dots \dots \dots (3.9)$$

dimana,

$$\begin{aligned} \rho_{\lambda}' &= \text{Top of Atmosphere (TOA) Reflektan} \\ &\quad \text{tanpa koreksi sudut zenith matahari} \\ M_p &= \text{Band-specific multiplicative rescaling} \\ &\quad \text{factor dari metadata (REFLECTANCE} \\ &\quad \text{\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah} \\ &\quad \text{nomor band)} \\ Q_{cal} &= \text{Nilai piksel citra satelit (DN)} \\ A_p &= \text{Band-specific additive rescaling factor} \\ &\quad \text{dari metadata (REFLECTANCE\_} \\ &\quad \text{ADD\_BAND\_x, dimana x adalah} \\ &\quad \text{nomor band)} \end{aligned}$$

Nilai reflektan yang dihasilkan dari persamaan (3.9) merupakan nilai reflektan yang belum dikoreksi sudut zenith matahari. Untuk memperoleh nilai reflektan yang terkoreksi sudut zenith matahari maka digunakan persamaan (3.10) sebagai berikut.

$$P_{\lambda} = \rho_{\lambda}' / \sin(\theta_{SE}) \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana,

$$\begin{aligned} \rho_{\lambda}' &= \text{Top of Atmosphere (TOA) Reflektan} \\ &\quad \text{tanpa koreksi sudut zenith matahari} \\ \theta_{SE} &= \text{Sudut elevasi matahari (SUN\_} \\ &\quad \text{ELEVATION)} \end{aligned}$$

Sudut elevasi matahari untuk citra landsat 8 akuisisi 20 September 2015 yang diperoleh dari file metadata diperoleh sebesar  $62.34687253^0$ . Setelah nilai DN band inframerah dekat dan band merah baik dari

citra landsat 7 maupun landsat 8 diubah menjadi nilai reflektan, selanjutnya nilai dari kedua band tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan (3.7) untuk memperoleh nilai NDVI.

Hasil dari perhitungan ini berupa peta sebaran tingkat kerapatan vegetasi. Kerapatan vegetasi hasil olahan dari citra landsat memiliki rentang nilai antara -1 sampai dengan +1 yang menggambarkan tingkat kerapatan vegetasi. Pembagian kelas NDVI dibedakan menjadi 4 kelas. Kelas I merupakan Kelas Air yaitu kelas dengan rentang nilai -1 s.d -0,3, Kelas II merupakan Kelas Non Vegetasi dengan rentang nilai 0,3 s.d 0, Kelas III yaitu Kelas Vegetasi Jarang dengan rentang nilai 0 s.d 0,3 dan Kelas IV yaitu Kelas Vegetasi Rapat dengan rentang nilai 0,3 s.d 1.

### 3. Pengolahan NDBI

Pengolahan indeks urban dapat dilakukan dengan menghitung nilai indeks urban sebagaimana dirumuskan oleh Zha (2003) dalam Xu (2007), yaitu dengan menggunakan rumus:

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}} \dots \dots \dots (3.11)$$

dimana,

NDBI = Indeks Urban

$\rho_{SWIR}$  = Nilai reflektan band inframerah pendek (SWIR-2)

$\rho_{NIR}$  = Nilai reflektan band inframerah dekat

Perhitungan nilai NDBI menggunakan langkah yang serupa dengan perhitungan nilai NDVI, hanya saja band yang digunakan ialah band inframerah dekat (*shortwave infrared*) dan band inframerah dekat (*near infrared*). Untuk citra landsat 7 proses pengubahan nilai DN band inframerah pendek dan band inframerah dekat menjadi nilai reflektan, terlebih dahulu mengubah nilai DN menjadi spektral radian menggunakan persamaan (3.1). Nilai spektral radian yang diperoleh tersebut selanjutnya diubah menjadi nilai reflektan dengan menggunakan persamaan (3.8), dimana nilai  $ESUN_{\lambda}$  untuk band inframerah pendek adalah 84,90 dan untuk band inframerah dekat adalah 1039. Sementara pada citra landsat 8 pengubahan DN menjadi reflektan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.9) dan persamaan (3.10). Setelah semua band tersebut diubah nilainya menjadi reflektan maka barulah nilai tersebut dapat digunakan pada persamaan (3.11) untuk mendapatkan nilai indeks kerapatan lahan terbangun.

Pada akhir tahap analisis sasaran kedua ini dilakukan perbandingan luasan tiap jenis tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya pada Tahun 2001 dan Tahun 2015 sehingga dapat diketahui perubahannya.

### **3.6.3 Menganalisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya**

Untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan maka dilakukan analisis regresi. Analisis regresi merupakan alat analisis yang berguna untuk mengukur pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Disamping itu, analisis regresi juga bermanfaat



untuk memprediksi/meramalkan suatu kejadian di masa mendatang. Pada penelitian ini analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat baik itu di Tahun 2001 maupun Tahun 2015. Analisis tersebut juga dilakukan untuk mengetahui apakah perubahan NDVI, NDBI, dan perubahan tutupan lahan akan berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan. Untuk mengetahui pengaruh tersebut data yang digunakan merupakan selisih data antara Tahun 2015 terhadap data Tahun 2001.

Sebelum dilakukan analisis regresi terlebih dahulu dilakukan analisis korelasi. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui korelasi antara dua variabel atau lebih. Adapun dalam penelitian ini digunakan analisis korelasi Pearson untuk mengetahui korelasi antara NDVI dan NDBI terhadap suhu permukaan. Sementara untuk mengetahui korelasi antara suhu permukaan terhadap tutupan lahan maka digunakan analisis korelasi Spearman. Besarnya korelasi yang dihasilkan diinterpretasikan melalui tabel pedoman interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut.

**Tabel 3.5** Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0.199	Sangat Rendah
0.20 – 0.339	Rendah
0,40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono (2007)

Analisis regresi yang digunakan adalah analisis linier berganda untuk mengetahui hubungan antara variabel kerapatan vegetasi (NDVI), variabel kerapatan lahan terbangun (NDBI),

dan tutupan lahan terhadap variabel suhu permukaan pada Tahun 2001, Tahun 2015, serta perubahannya. Sedangkan metode regresi yang digunakan adalah metode Stepwise dan metode Enter. Metode Stepwise adalah memasukkan prediktor secara bertahap berdasarkan nilai F yang signifikan (sig F dibawah 0.05). Proses memasukkan dikombinasikan dengan mengeliminasi prediktor yang tidak signifikan (sig F di atas 0.01). Metode Enter adalah memasukkan semua prediktor ke dalam analisis sekaligus. Baik analisis korelasi maupun regresi dilakukan pada software SPSS.

Data NDVI, NDBI, dan suhu permukaan dalam penelitian ini merupakan data bertipe skala. Sementara data pada variabel tutupan lahan merupakan data kategorikal yang terdiri dari 5 kategori tutupan lahan. Supaya variabel tutupan lahan dapat digunakan dalam analisis regresi maka terlebih dahulu variabel tersebut diubah menjadi variabel dummy. Sehingga persamaan regresi yang dirumuskan adalah sebagai berikut.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2.....+ b_kX_k + \gamma_1D_1 + \gamma_2D_2 + .... \gamma_mD_m.....(3.12)$$

dimana:

- y = Variabel terikat (suhu permukaan)
- $b_0$  = Koefisien *intercept* regresi
- $b_1 - b_k$  = Koefisien *slope* regresi
- $\gamma_1 - \gamma_m$  = Koefisien dummy
- D = Variabel dummy
- x = Variabel bebas (NDVI, NDBI)

Pada akhir tahap analisis, dilakukan perhitungan terhadap rata-rata suhu permukaan masing-masing jenis tutupan lahan. Hal itu dilakukan untuk mengetahui rata-rata suhu permukaan tiap jenis tutupan lahan (permukiman, industri, jalan,

lahan bervegetasi, dan badan air) sehingga dapat diketahui karakteristik suhunya. Disamping hal tersebut juga berguna untuk membuktikan ada tidaknya pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan. Perhitungan rata-rata suhu permukaan tersebut dilakukan pada sampel penelitian (100 sampel).

### 3.7 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi: perumusan masalah, kajian pustaka, pengumpulan data, analisa, dan penarikan kesimpulan. Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian akan dijelaskan sebagai berikut.



**Gambar 3.3** Diagram Alir Kegiatan Penelitian

Sumber: Penulis, 2016

#### 1. Perumusan Masalah

Kegiatan pada tahap ini adalah mengidentifikasi terjadinya fenomena UHI di Kota Surabaya. UHI telah menimbulkan dampak bagi kehidupan manusia baik dari segi kesehatan maupun perubahan iklim mikro perkotaan yang

menyebabkan peningkatan ketidaknyamanan termal, peningkatan konsumsi energi untuk pendinginan, serta polusi udara. Beberapa penelitian terkait UHI dengan wilayah studi di Kota Surabaya belum melihat pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu yang dilihat dari laju perubahan tutupan lahannya. Oleh karenanya disamping untuk memperkaya kajian UHI di Kota Surabaya penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu ditinjau dari laju perubahan tutupan lahannya.

## 2. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data maupun informasi yang relevan yang berkaitan dengan penelitian berupa teori maupun konsep, yang bersumber dari buku, jurnal, artikel dan lain-lain. Hasil kajian pustaka tersebut berguna untuk kemudian dirumuskan menjadi landasan teori yang berkaitan dengan penelitian. Adapun teori yang dimaksudkan meliputi teori tentang iklim, *urban heat island*, serta pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan.

## 3. Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data terbagi menjadi dua yakni pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari kegiatan observasi lapangan untuk memperoleh informasi tutupan lahan pada lokasi-lokasi sampel yang berguna untuk menilai akurasi citra landsat Kota Surabaya pada tahun 2015. Sedangkan data sekunder diperoleh dari survei media untuk mendapatkan data citra landsat Kota Surabaya untuk

tahun 2001 dan 2015. Selain itu pengumpulan data sekunder juga dilakukan melalui studi literatur dengan mempelajari buku referensi, laporan, jurnal, dan media lainnya yang berkenaan dengan obyek penelitian.

#### 4. Analisa

- (1) Analisa Distribusi Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015

Pengolahan terhadap data citra untuk memperoleh informasi sebaran suhu dilakukan dengan mengekstrak band termal dari citra. Outputnya adalah berupa peta distribusi spasial suhu permukaan. Hasil perhitungan luasan pada peta distribusi suhu permukaan diperbandingkan berdasarkan tahunnya sehingga dapat diketahui perubahannya.

- (2) Analisa Perubahan Tutupan Lahan, Kerapatan Vegetasi, dan Kerapatan Lahan Terbangun di Kota Surabaya Tahun 2001 dan Tahun 2015

Terdapat beberapa langkah pada tahap analisa ini, yaitu klasifikasi tutupan lahan, pengolahan nilai NDVI, dan pengolahan nilai NDBI. Klasifikasi tutupan lahan dilakukan untuk memperoleh peta jenis tutupan lahan. Hasil dari pengolahan nilai NDVI dan NDBI adalah peta kerapatan vegetasi dan peta kerapatan lahan terbangun. Hasil perhitungan luasan dari kelas-kelas pada masing-masing peta yang dihasilkan tersebut kemudian diperbandingkan berdasarkan tahunnya.

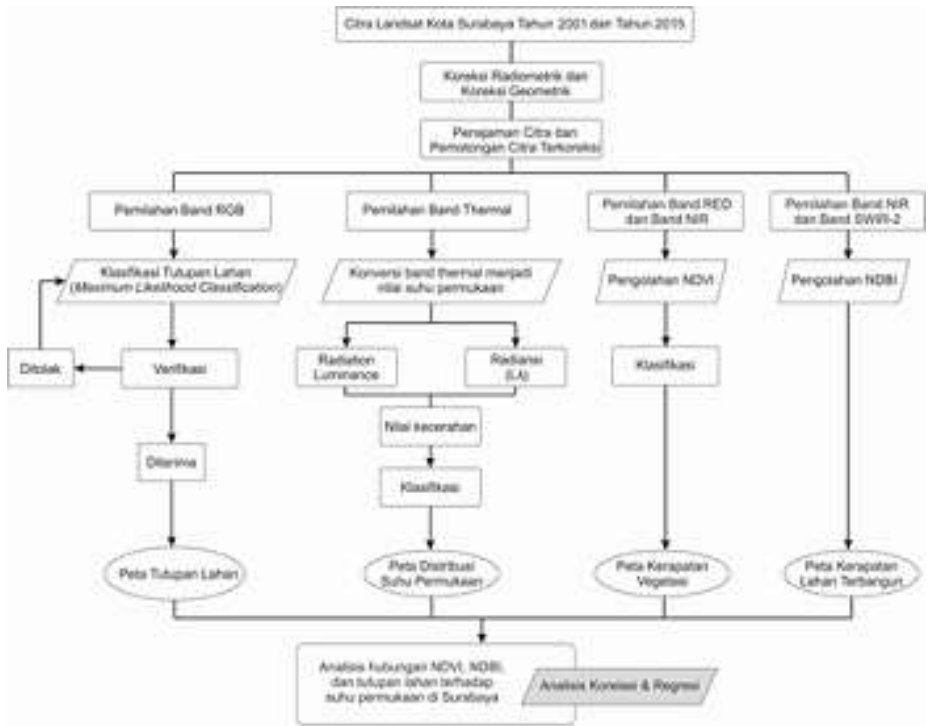
- (3) Analisa Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya

Di tahap akhir proses analisa dilakukan analisa regresi dan korelasi untuk mengetahui hubungan antara variabel tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan lahan

terbangun terhadap variabel terikat suhu permukaan. Hasil dari analisis ini merupakan suatu model persamaan matematis yang menggambarkan hubungan antara kerapatan vegetasi, kerapatan lahan terbangun terhadap suhu permukaan.

#### 5. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan didasarkan atas hasil dari proses analisis yang telah dilakukan sehingga diperoleh hubungan antara perubahan tutupan lahan dalam mempengaruhi perubahan suhu permukaan daratan di Kota Surabaya.



**Gambar 3.4** Tahapan Analisa Penelitian  
Sumber: Peneliti, 2016

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian**

##### **4.1.1 Letak Geografis dan Administrasi**

Secara geografis, Kota Surabaya terletak pada koordinat  $112^{\circ} 35' 11,35''$  BT -  $112^{\circ} 50' 37,36''$  BT dan  $07^{\circ} 20' 55,72''$  -  $07^{\circ} 11' 23,33''$  LS. Wilayahnya merupakan daratan rendah dengan ketinggian 3-6 meter diatas permukaan air laut, kecuali di sebelah selatan 25-50 meter diatas permukaan air laut. Adapun batas-batas Kota Surabaya, antara lain:

- ❑ Sebelah Utara : Laut Jawa dan Selat Madura
- ❑ Sebelah Timur : Selat Madura
- ❑ Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
- ❑ Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Kota Surabaya secara administrasi memiliki luas wilayah  $\pm 33.451,14$  Ha yang terbagi menjadi 5 (lima) wilayah, yaitu Surabaya Pusat, Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat, 31 kecamatan, dan 154 kelurahan. Adapun pembagian wilayah tersebut terlihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.1** Pembagian Wilayah Administratif Kota Surabaya Tahun 2015

Wilayah Bagian	Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Wilayah Bagian	Kecamatan	Jumlah Kelurahan
Surabaya Pusat	Tegalsari	5	Surabaya Selatan	Sawahan	6
	Genteng	5		Wonokromo	6
	Bubutan	5		Karangpilang	4
	Simokerto	5		Dukuh Pakis	4
Surabaya Utara	Pabean Cantikan	5		Wiyung	4
	Semampir	5		Wonocolo	5
	Krembangan	5		Gayungan	4
	Kenjeran	4		Jambangan	4
	Bulak	4	Surabaya Barat	Tandes	6
Surabaya Timur	Tambaksari	8		Sukomanunggal	6
	Gubeng	6		Asemrowo	3
	Rungkut	6		Benowo	4
	Tenggilis Mejoyo	4		Lakarsantri	6
	Gunung Anyar	4		Pakal	4
	Sukolilo	7		Sambikerep	4
	Mulyorejo	6			

Sumber: Surabaya Dalam Angka, 2015

## **4.1.2 Kondisi Fisik Lingkungan**

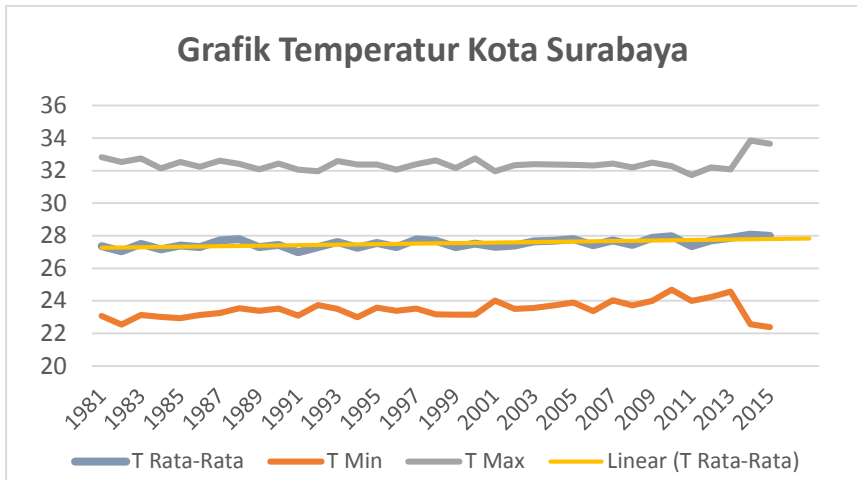
### **4.1.2.1 Topografi**

Keadaan topografi Kota Surabaya memiliki ketinggian antara 0 – 50 meter diatas permukaan air laut, sedangkan pada daerah pesisir memiliki ketinggian antara 1 – 3 meter diatas permukaan air laut bahkan sebagian lebih rendah dari muka air laut (tergenang saat air laut pasang). Sebagian besar wilayah di Kota Surabaya memiliki ketinggian tanah berkisar antara 0 – 10 meter kurang lebih seluas 25.919,04 Ha atau sekitar 30,72% yang tersebar di bagian timur, utara, selatan, dan pusat kota. Sedangkan pada bagian wilayah lainnya memiliki ketinggian berkisar antara 10 – 20 meter (12,53%), serta diatas 20 meter diatas permukaan air laut (6,76%) yang umumnya terdapat pada bagian barat dan selatan Kota Surabaya, yaitu di Kecamatan Sawahan, Karangpilang, Benowo, Lakarsantri, dan Kecamatan Tandes.

### **4.1.2.2 Klimatologi**

Temperatur Kota Surabaya pada tahun 2001 berkisar antara 22,1 – 33,5 °C dan kelembaban antara 42 – 88 %. Curah hujan rata-rata Kota Surabaya pada tahun 2001 adalah sebesar 214 mm. Curah hujan minimum terjadi pada bulan Juli, yaitu sebesar 91 mm, sedangkan curah hujan maksimum terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar 589 mm. Sementara pada tahun 2015 temperatur minimum Kota Surabaya sebesar 21 °C dan temperatur maksimumnya mencapai angka 35 °C. Kondisi kelembabannya berada pada angka 46,8 – 93,9 % dimana kelembaban minimum terjadi pada bulan September yaitu 24% dan kelembaban maksimumnya mencapai 98%. Kecepatan angin minimum pada tahun 2015 terjadi pada bulan September yaitu 15 km/jam dan kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Januari dan Februari yaitu 22 km/jam. Curah hujan

minimum Kota Surabaya terjadi pada bulan Juli yaitu 48 mm dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Maret yaitu sebesar 455 mm.



**Gambar 4.1** Grafik Temperatur Kota Surabaya Tahun 1981 s/d 2015  
Sumber: Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya, 2016

Dari grafik temperatur diatas terlihat kisaran temperatur Kota Surabaya fluktuatif dari tahun ke tahun. Namun secara linear, terlihat bahwa temperatur rata-rata Kota Surabaya sebenarnya semakin meningkat dari tahun 1981 hingga 2015. Selain itu terlihat penyimpangan yang cukup besar terjadi pada suhu minimum dan maksimum dalam periode 2013 sampai dengan 2015. Selama periode tersebut temperatur minimum semakin mendekati angka 22 °C dan temperatur maksimum semakin mendekati angka 34 °C.

#### 4.1.3 Kependudukan

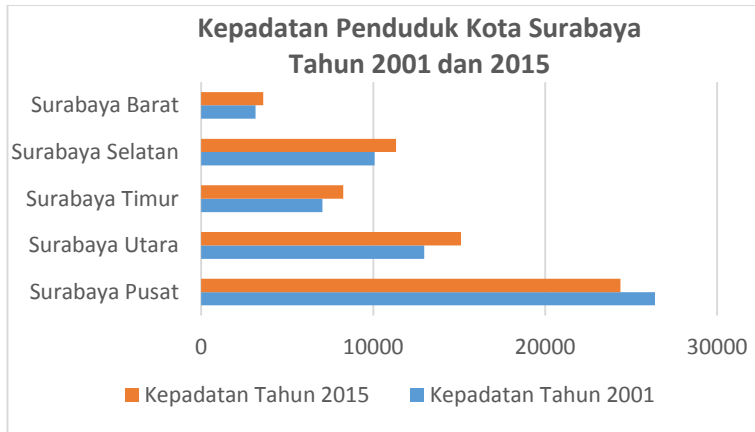
Menurut data hasil registrasi penduduk tahun 2001 diketahui banyaknya jumlah penduduk Kota Surabaya adalah sebesar 2.568.352 jiwa dengan jumlah penduduk tertinggi berada di Kecamatan Tambaksari, yaitu sebesar 211.561 jiwa. Sedangkan pada tahun 2015 banyaknya penduduk Kota Surabaya mengalami peningkatan, yaitu mencapai 2.853.661 jiwa atau terjadi penambahan sebesar 285.309 jiwa. Sejalan dengan hal itu, persentase pertumbuhan penduduk Kota Surabaya mengalami peningkatan dari angka 0,5 selama periode tahun 1990-2000 menjadi 0,63 selama periode tahun 2000-2010. Rata-rata kepadatan penduduk Kota Surabaya dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2015 terus mengalami peningkatan, yakni dari rata-rata kepadatan 7.859 jiwa/km<sup>2</sup> menjadi 12.070 jiwa/km<sup>2</sup>. Kepadatan penduduk terendah tahun 2001 berada di Kecamatan Pakal dengan kepadatan sebesar 1.523 jiwa/km<sup>2</sup> dan tahun 2015 berada di Kecamatan Lakarsantri dengan kepadatan 2.253 jiwa/km<sup>2</sup>. Sedangkan kepadatan penduduk tertinggi pada tahun 2001 berada di Kecamatan Simokerto dengan kepadatan sebesar 40.943 jiwa/km<sup>2</sup> dan tahun 2015 juga di Kecamatan Simokerto, yaitu 37.727 jiwa/km<sup>2</sup>. Adapun jumlah penduduk dan kepadatan penduduk Kota Surabaya per kecamatan ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.2** Jumlah Penduduk, Luas Wilayah, dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Menurut Hasil Registrasi per Kecamatan Tahun 2001 dan 2015

Wilayah Bagian	Kecamatan	Jumlah Penduduk		Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )		Kepadatan Penduduk	
		2001	2015	2001	2015	2001	2015
Surabaya Pusat	Tegalsari	114.544	101.716	4,29	4,29	26.700	23.710
	Genteng	64.400	59.273	4,04	4,05	15.941	14.635
	Bubutan	105.105	101.812	3,86	3,86	27.229	26.376
	Simokerto	106.042	97.713	2,59	2,59	40.943	37.727
Surabaya Utara	Pabean Cantikan	89.348	82.383	6,80	6,80	13.139	12.115
	Semampir	154.970	182.531	8,76	8,76	17.691	20.837
	Krembangan	120.184	115.638	8,34	8,34	14.411	13.866
	Kenjeran	107.990	146.757	7,77	7,77	13.898	18.888
	Bulak	25.409	40.642	6,72	6,72	3.781	6.048
Surabaya Timur	Tambaksari	211.561	217.100	8,99	8,99	23.533	24.149
	Gubeng	142.960	136.621	7,99	7,99	17.892	17.099
	Rungkut	80.357	104.046	21,08	21,08	3.812	4.936
	Tenggilis Mejoyo	41.714	54.861	5,52	5,52	7.557	9.939
	Gunung Anyar	32.629	52.120	9,71	9,71	3.360	5.368

	Sukolilo	75.021	104.893	23,69	23,68	3.167	4.430
	Mulyorejo	57.928	82.773	14,21	14,21	4.077	5.825
Surabaya Selatan	Sawahan	200.923	201.721	6,93	6,93	28.993	29.108
	Wonokromo	174.957	159.964	8,47	8,47	20.656	18.886
	Karang Pilang	51.058	70.322	9,23	9,23	5.532	7.619
	Dukuh Pakis	47.022	58.429	9,94	9,94	4.731	5.878
	Wiyung	40.209	65.742	12,46	12,46	3.227	5.276
	Wonocolo	62.061	78.337	6,78	6,77	9.154	11.571
	Gayungan	37.385	44.092	6,07	6,07	6.159	7.264
	Jambangan	32.140	47.548	4,19	4,19	7.671	11.348
Surabaya Barat	Tandes	85.734	89.469	11,07	11,07	7.745	8.082
	Sukomanunggal	85.012	97.909	9,23	9,23	9.210	10.609
	Asemrowo	34.026	42.973	15,44	15,44	2.204	2.783
	Benowo	52.499	55.754	22,07	22,07	2.379	2.526
	Lakarsantri	66.004	53.472	23,73	23,73	2.781	2.253
	Pakal	28.916	48.484	18,99	18,99	1.523	2.553
	Sambikerep	40.244	58.566	23,68	23,68	1.699	2.473
<b>TOTAL</b>		2.568.352	2.853.661	326,79	326,81	7.859	12.070

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2015



**Gambar 4.2** Kepadatan Penduduk Kota Surabaya  
Tahun 2001 dan 2015

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2016

#### 4.1.4 Tutupan Lahan

Tutupan lahan berbeda dengan penggunaan lahan. Tutupan lahan lebih dikaitkan dengan perwujudan fisik suatu obyek dan menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap obyek tersebut. Sementara penggunaan lahan dikaitkan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan tertentu. Tutupan lahan di Kota Surabaya dapat dikategorikan menjadi 5 kelas tutupan lahan, yaitu permukiman, industri, jalan, badan air, dan lahan bervegetasi. Pada tabel berikut ini disajikan luas jenis tutupan lahan per kecamatan di Surabaya.



**Tabel 4.3** Luas Jenis Tutupan Lahan per Kecamatan di Kota Surabaya Tahun 2015

No	Kecamatan	Penggunaan Tanah (Ha)					Jumlah
		Permukiman	Industri dan Pergudangan	Lahan Bervegetasi	Badan Air	Jalan	
Surabaya Utara							
1	Pabean Cantikan	333,29	21,52	26,47	115,23	63,63	560,14
2	Semampir	490,12	23,75	177,63	147,94	32,20	871,64
3	Krembangan	471,48	26,84	106,72	151,82	104,52	861,38
4	Kenjeran	533,82	27,80	117,56	163,93	25,41	868,52
5	Bulak	258,85	15,38	242,90	35,80	26,79	579,72
Surabaya Timur							
5	Tambaksari	745,41	34,66	126,37	20,92	34,35	961,71
6	Gubeng	647,77	6,01	64,88	17,57	44,47	780,7
7	Rungkut	914,41	36,03	741,05	500,97	72,67	2265,13
8	Tenggilis Mejoyo	415,03	24,04	70,96	12,86	54,56	577,45
9	Gununganyar	380,12	28,49	377,19	199,43	28,88	1014,11
10	Sukolilo	894,16	13,80	890,16	1070,04	113,49	2981,65
11	Mulyorejo	770,56	16,22	578,41	243,12	71,03	1679,34
Surabaya Selatan							
12	Sawahan	619,73	6,78	58,90	14,79	22,48	722,68
13	Wonokromo	595,63	6,57	104,12	56,33	66,16	828,81

14	Karangpilang	519,97	21,40	221,25	105,59	71,76	939,97
15	Wiyung	563,38	4,12	481,63	51,54	82,32	1182,99
16	Dukuh Pakis	425,19	11,52	412,73	30,54	54,53	934,51
17	Wonocolo	460,01	3,77	100,01	16,7	47,09	627,58
18	Jambangan	268,97	1,71	107,82	19,21	46,91	444,62
19	Gayungan	332,02	4,86	168,27	13,6	59,18	577,93
Surabaya Pusat							
20	Tegalsari	350,82	7,50	43,54	18,51	23,20	443,57
21	Genteng	267,44	10,23	53,58	33,87	34,25	399,37
22	Bubutan	284,89	13,43	29,29	23,49	20,25	371,35
23	Simokerto	243,66	3,78	15,22	9,21	6,92	278,79
Surabaya Barat							
24	Tandes	731,81	109,29	173,99	71,64	42,41	1129,14
25	Asemrowo	847,86	349,30	62,42	219,26	128,93	1607,77
26	Sukomanunggal	646,1	57,35	129,50	22,55	82,31	937,81
27	Benowo	796,67	183,88	355,44	1077,95	89,39	2503,33
28	Lakarsantri	719,48	13,18	1185,43	53,44	67,47	2039
29	Pakal	751,55	35,31	478,91	562,39	69,92	1898,08
30	Sambikerep	515,13	8,28	896,33	31,53	33,32	1484,59
<b>Jumlah</b>		<b>16795,33</b>	<b>1126,8</b>	<b>8598,68</b>	<b>5111,77</b>	<b>1720,8</b>	<b>33353,38</b>

Sumber: Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Landsat, 2015

## 1. Permukiman

Kelas permukiman meliputi tutupan lahan berupa area terbangun dengan berbagai jenis penggunaan lahan seperti perumahan, perdagangan dan jasa, dan fasilitas umum. Permukaan daerah perkotaan terdiri dari beton dan semen yang memiliki konduktivitas kalor sekitar tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanah berpasir yang basah. Karakteristik tersebut mewakili permukaan berupa permukiman, disamping pula area industri. Hal tersebut dapat mengakibatkan permukaan kota menerima dan menyimpan energi lebih banyak daripada pedesaan. Padatnya bangunan di perkotaan juga dapat mengubah pola aliran udara yang dapat bertindak sebagai perombak dan meningkatkan turbulensi. Hal inilah yang menyebabkan beton cepat menjadi panas dan suhunya cepat meningkat. Adapun persebaran permukiman di Kota Surabaya terdapat di seluruh kecamatan dengan pola semakin padat menuju kawasan perkotaan dan semakin jarang menuju ke arah luar kota.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 4.3** Tutupan Lahan Permukiman (a) Perumahan (b) Perdagangan-Jasa (c) Perkantoran (d) Peribadatan  
Sumber : Survei Lapangan, 2016

## 2. Industri

Pada citra landsat kenampakan industri masih dapat dibedakan dengan permukiman karena umumnya atap yang digunakan pada bangunan industri berupa seng, berbeda dengan permukiman yang menggunakan atap genting. Seperti halnya permukiman, kawasan industri memiliki juga memiliki konduktivitas kalor yang relatif tinggi sehingga menyebabkan suhu lebih cepat meningkat pada kawasan tersebut. Kelas industri meliputi jenis tutupan lahan berupa area perindustrian dan pergudangan. Di Kota Surabaya, keberadaan industri dan pergudangan dapat dijumpai terutama terkonsentrasi di Kecamatan Asemrowo, Benowo, dan Rungkut. Sementara di wilayah lain keberadaannya dapat ditemui secara tidak terkonsentrasi atau menyebar di berbagai tempat, seperti industri yang terdapat di daerah Kenjeran dan Tambaksari.



**Gambar 4.4** Industri dan Pergudangan (kiri) di Kecamatan Asemrowo (kanan) di Kecamatan Rungkut  
Sumber : Survei Lapangan, 2016

### 3. Jalan

Yang termasuk dalam kelas ini ialah tutupan lahan yang permukaan diperkeras dengan bahan dari aspal ataupun beton. Tutupan lahan berupa jalan meliputi jaringan jalan di Kota Surabaya yang dapat diklasifikasikan ke dalam kelas jalan dalam klasifikasi citra landsat. Adapun persebaran dari kelas jalan terutama sebagian besar dijumpai membentuk jaringan jalan di kawasan permukiman maupun industri.



**Gambar 4.5** Tutupan Lahan Jalan  
Sumber: Survei Lapangan, 2016

#### 4. Badan Air

Jenis tutupan lahan yang termasuk dalam kelas badan air, meliputi tutupan lahan berupa sungai, bozem, kolam, dan tambak. Badan air memiliki kapasitas panas yang besar dan konduktivitas termal yang rendah sehingga suhu yang dihasilkannya pun rendah. Permukaan berupa badan air dapat menyerap panas lebih banyak sebelum suhu menjadi naik  $1^{\circ}$ , selain itu juga memerlukan waktu yang lama untuk melepaskannya. Persebaran badan air di Kota Surabaya dapat dijumpai antara lain berupa sungai, yaitu Sungai Kalimas dan Sungai Kalianak. Badan air berupa bozem dapat dijumpai di daerah Krembangan. Selain itu terdapat pula badan air berupa tambak yang merupakan jenis badan air yang memiliki luas sebaran terbesar dari jenis badan air lainnya. Keberadaannya terutama dapat dijumpai membentang dari bagian timur hingga utara Kota Surabaya. Selain itu, persebarannya juga dijumpai di Surabaya Barat seperti di Kecamatan Benowo.



**Gambar 4.6** Tutupan Lahan Badan Air (kiri) Tambak (kanan)  
Sungai

Sumber : Survei Lapangan, 2016

## 5. Lahan Bervegetasi

Lahan bervegetasi dapat menyerap radiasi matahari dalam proses transpirasi dan fotosintesis. Lahan bervegetasi memiliki kisaran suhu yang lebih mantap (kisaran suhu malam dan siang hari yang relatif kecil) dibandingkan lahan yang jarang terdapat vegetasi. Tipe penutupan lahan berupa pepohonan dapat mengurangi kecepatan angin yang kemudian akan berpengaruh terhadap suhu. Pengurangan kecepatan angin dapat menyebabkan berkurangnya pertukaran termodinamik antarlapisan udara sehingga menghasilkan suhu yang relatif lebih tinggi di daerah terlindung baik malam maupun siang hari (Murdiarso dan Suharsono, 1992 dalam Khusaini, 2008).

Lahan bervegetasi dalam penelitian ini tidak membedakan antara vegetasi rapat dan vegetasi campuran. Beberapa contoh tutupan lahan dari kelas ini meliputi mangrove, vegetasi pohon, ruang terbuka hijau pekarangan, tegalan, tempat pemakaman umum, sawah dan lahan dengan permukaan hijau lainnya. Sebaran vegetasi mangrove di Kota Surabaya terutama tersebar di bagian timur hingga utara Kota Surabaya, seperti Kecamatan Gunung Anyar, Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo, Kenjeran. Keberadaan mangrove juga dapat ditemui di daerah Kecamatan Asemrowo dan Benowo. Selain mangrove, terdapat area persawahan yang dapat ditemui misalnya di Surabaya Timur seperti Kecamatan Kenjeran, Sukolilo, Gunung Anyar. Taman-taman kota juga termasuk dalam kategori lahan bervegetasi. Keberadaannya dapat ditemui di daerah permukiman, seperti Taman Bungkul, Taman Pelangi, Taman Prestasi,

dan sebagainya. Tempat pemakaman umum (TPU) termasuk dalam kategori ini. Keberadaannya terdapat di berbagai tempat, seperti yang TPU Keputih, TPU Peneleh, Taman Makam Pahlawan, dan masih banyak yang lainnya.



**Gambar 4.7** Lahan Bervegetasi (a) Mangorve (b) Sawah (c) RTH Jalur Hijau (d) RTH Pemakaman  
Sumber: Survei Lapangan, 2016

Daerah terbangun Kota Surabaya meliputi hampir 2/3 dari seluruh wilayah kota, cenderung membentang di bagian tengah kota dengan arah poros Utara – Selatan. Bila dibandingkan dengan kondisi pada masa-masa sebelumnya, tampak terjadi perkembangan urban yang luar biasa ke arah Timur, daripada ke arah Barat. Perkembangan ke arah Timur ini distimulasi oleh konsentrasi lembaga pendidikan tinggi, perkembangan hunian massal, serta akses Tengah – Timur yang lebih lapang dibandingkan dengan akses Barat – Tengah.



Untuk kawasan Surabaya Barat, proporsi lahan yang belum terbangun relatif lebih luas daripada kawasan Surabaya Timur. Di kawasan Benowo sampai Romokalisari / Tambak Osowilangun, sebaran tambak-tambak garam milik rakyat masih cukup ekstensif eksistensinya, meski pada beberapa lokasi sudah mulai dikonversi peruntukannya menjadi hunian, industri, gudang, dan juga untuk pengembangan TPA Benowo. Di sisi lain penyebaran tanah kosong di kawasan pantai Timur Surabaya relatif lebih kecil dibandingkan dengan penyebaran serupa di kawasan Surabaya Barat.

Kecenderungan perubahan-perubahan fisik yang diamati tersebut pada dasarnya terbagi menjadi dua, yaitu perubahan pemanfaatan lahan dan perubahan pemanfaatan bangunan. Perubahan pemanfaatan lahan di Kota Surabaya diindikasikan dari adanya perubahan dari lahan pertanian, tanah kosong, dan jalur hijau menjadi kawasan hunian serta perdagangan dan jasa. Sementara itu perubahan penggunaan bangunan terjadi pada bangunan-bangunan tua dan bersejarah di pusat-pusat kota dan bangunan-bangunan perkantoran yang dikonversi peruntukannya menjadi bangunan komersial.

## 4.2 Analisa dan Pembahasan

### 4.2.1 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015

#### 4.2.1.1 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001

Untuk memperoleh peta suhu permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan. Langkah pertama ialah mengubah nilai DN citra landsat band 6 (VCID 1 dan VCID 2) (Peta 4.1 dan Peta 4.2) menjadi nilai spektral radian. Perlu diketahui bahwa baik band 6 VCID 1 maupun VCID 2 memiliki rekaman nilai suhunya masing-masing. Dalam penelitian ini, nilai suhu permukaan diproses dengan terlebih dahulu mencari rata-rata suhu dari perekaman keduanya. Pengkonversian DN menjadi spektral radian dihitung dengan menggunakan rumus:

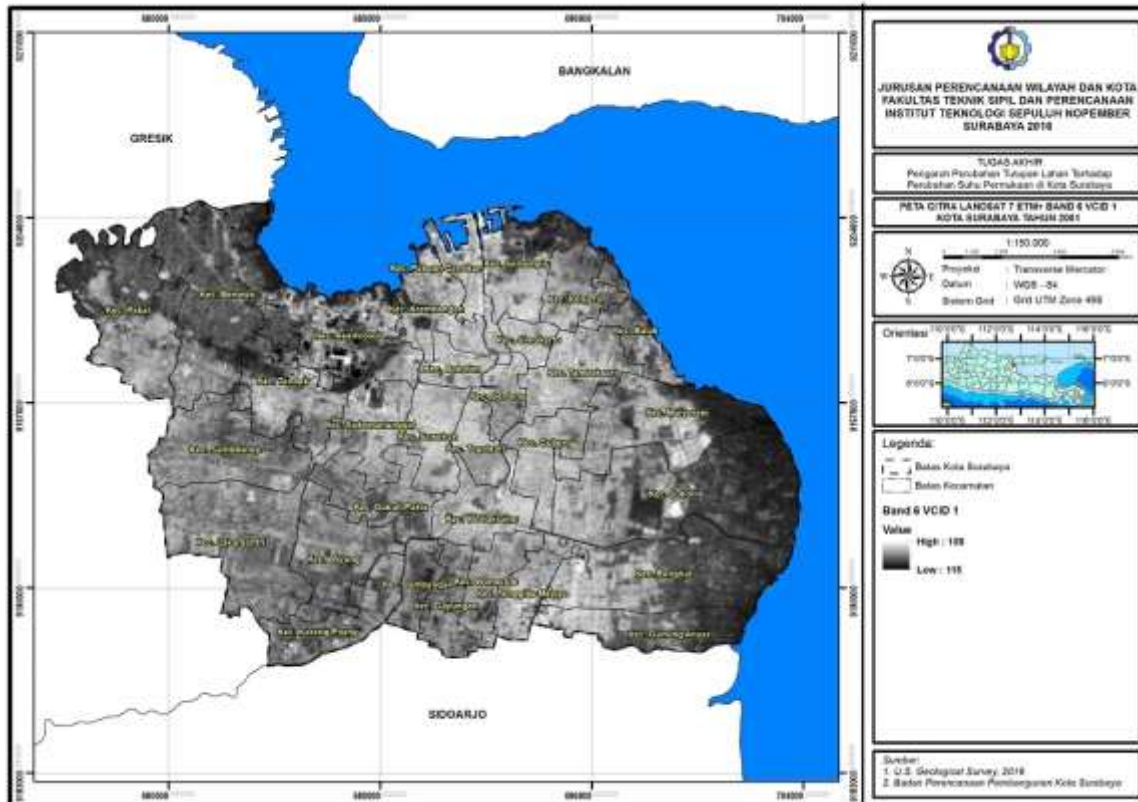
$$L_{\lambda} = ((L_{\max} - L_{\min}) / (QCAL_{\max} - QCAL_{\min})) * (QCAL - QCAL_{\min}) + L_{\min} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana:

- $L_{\lambda}$  = Spektral radian BAND\_x dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm), dimana x adalah nomor band
- QCAL = Nilai piksel citra satelit DN
- $L_{\min}$  = Spektral radian QCAL<sub>min</sub> dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm)
- $L_{\max}$  = Spektral radian QCAL<sub>max</sub> dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm)
- QCAL<sub>min</sub> = Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra (berhubungan dengan  $L_{\min}$ )
- QCAL<sub>max</sub> = Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra (berhubungan dengan  $L_{\min}$ )

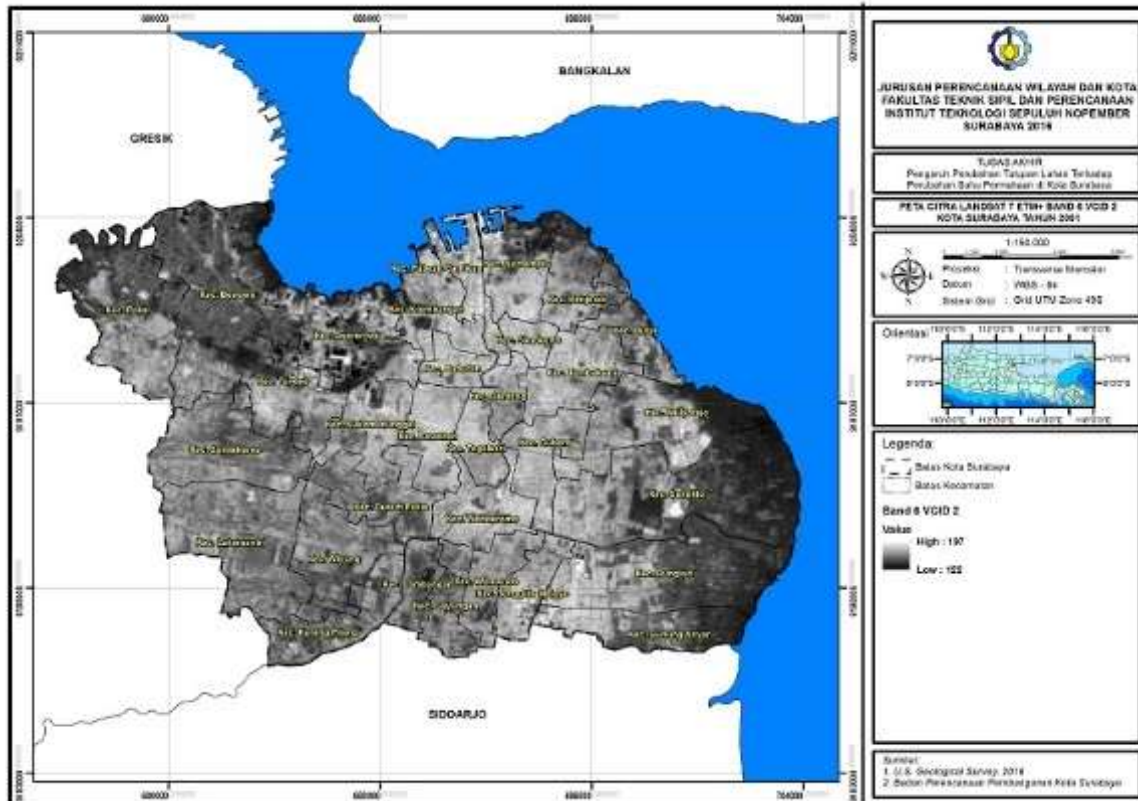
Hasil dari perhitungan tersebut ialah berupa peta radiansi spektral dari band 6 VCID 1 dan VCID 2. Masing-masing peta dapat dilihat pada Peta 4.3 dan Peta 4.4.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.1** Citra Landsat 7 ETM+ Band 6 VCID 1 Kota Surabaya Tahun 2001

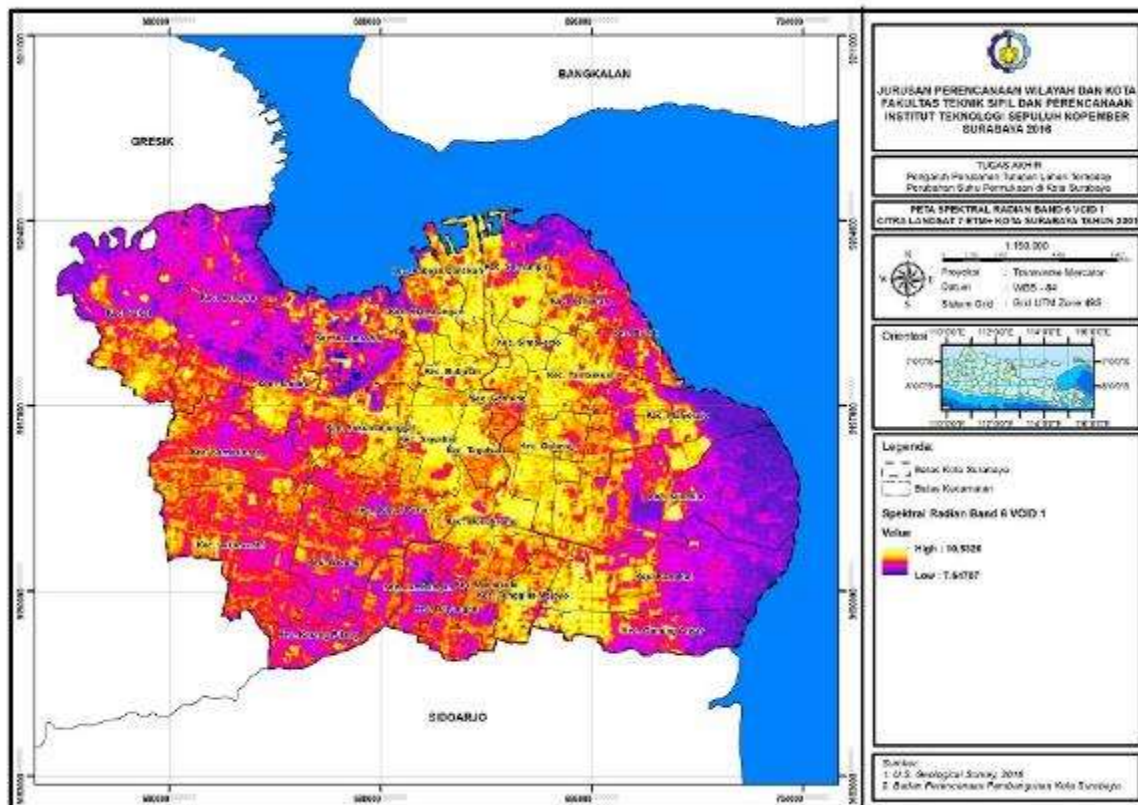
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.2** Citra Landsat 7 ETM+ Band 6 VCID 2 Kota Surabaya Tahun 2001

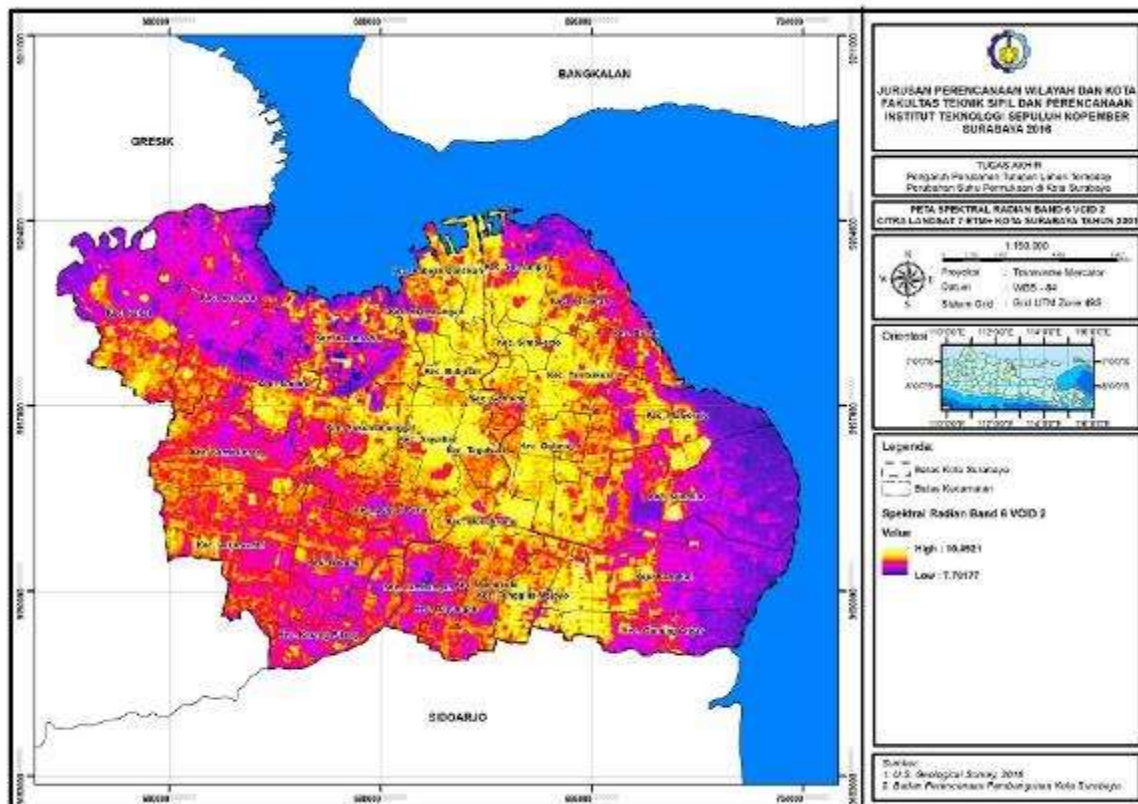
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.3** Spektral Radian Band 6 VCID 1 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.4** Spektral Radian Band 6 VCID 2 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Setelah nilai DN band 6 VCID 1 dan VCID 2 diubah menjadi nilai spektral radian, selanjutnya nilai spektral radian tersebut dikonversi menjadi nilai temperatur hasil perekaman citra satelit. Konversi tersebut dihitung berdasarkan rumus :

$$T = \left( \frac{K_2}{\ln \left( \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \right) - 273,15 \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana:

$T$  = Temperatur dalam derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ )

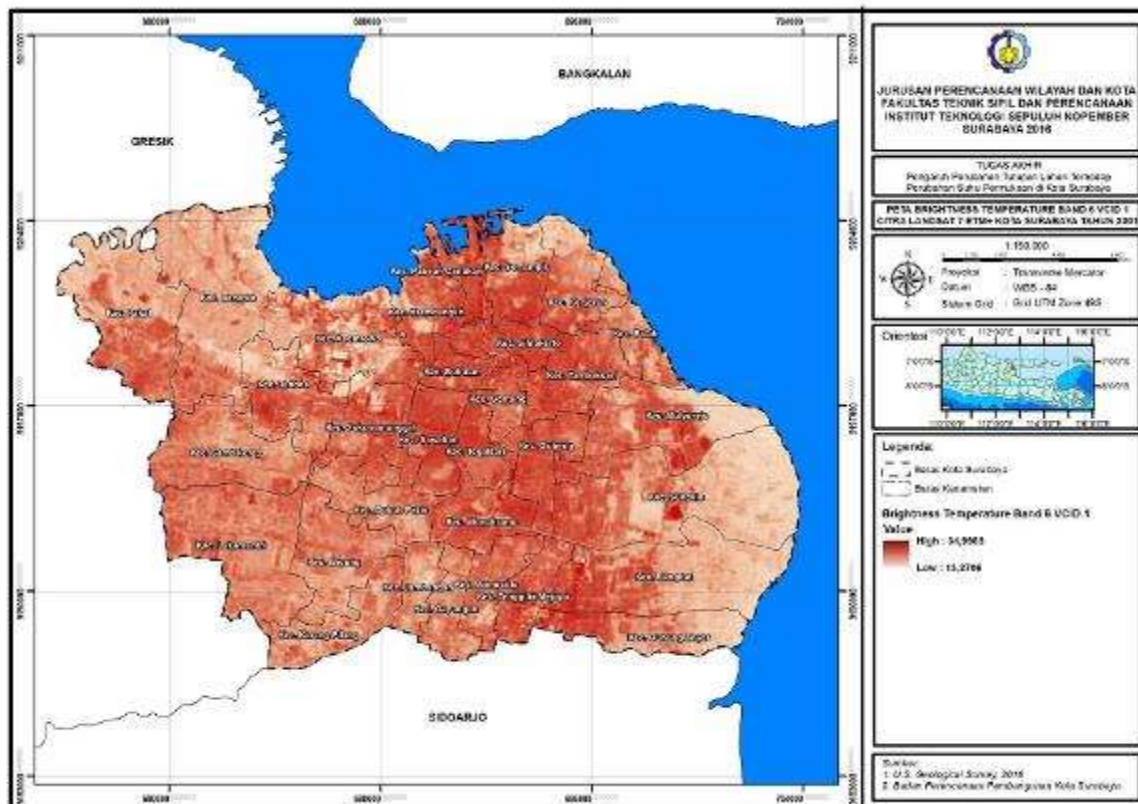
$K_1$  = Konstanta kalibrasi

$K_2$  = Konstanta kalibrasi

$L_\lambda$  = Spektral Radian *watts/(meter squared \* ster \*  $\mu\text{m}$ )*

Temperatur yang terekam oleh citra landsat merupakan temperatur dengan satuan derajat Kelvin. Sehingga untuk mengubahnya menjadi satuan derajat celcius maka pada persamaan (3.2) dimasukkan angka -273,15 sebagai faktor pengkonversi satuan derajat Kelvin menjadi satuan derajat Celcius ( $273,15^{\circ}\text{K}$  setara dengan  $0^{\circ}\text{C}$ ). Hasil konversi nilai spektral radian band 6 VCID 1 dan 2 menjadi nilai temperatur dapat dilihat pada Peta 4.5 dan Peta 4.6.

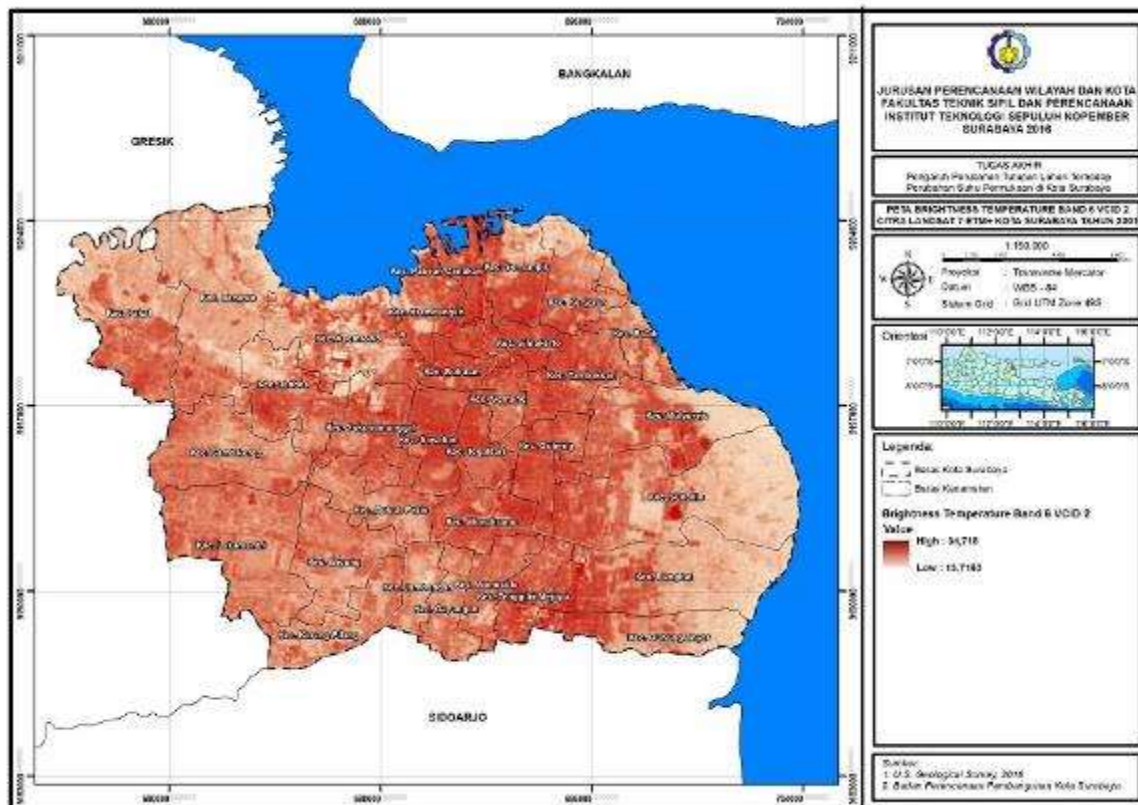
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.5** Brightness Temperature Band 6 VCID 1 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





Peta 4.6 Brightness Temperature Band 6 VCID 2 Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Nilai temperatur yang dihasilkan dari perhitungan persamaan (3.2) merupakan nilai temperatur yang direkam oleh sensor citra satelit. Sementara untuk mengubahnya menjadi nilai suhu permukaan (*land surface temperature*) maka terlebih dahulu perlu dihitung nilai proporsi vegetasi dengan persamaan (3.4) dan emisivitas dengan persamaan (3.5).

$$P_v = (NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2 \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana,

$P_v$  = Proporsi vegetasi

Nilai NDVI,  $NDVI_{min}$ , dan  $NDVI_{max}$  pada persamaan (3.4) merupakan nilai yang dihasilkan dari perhitungan pada persamaan (3.7).

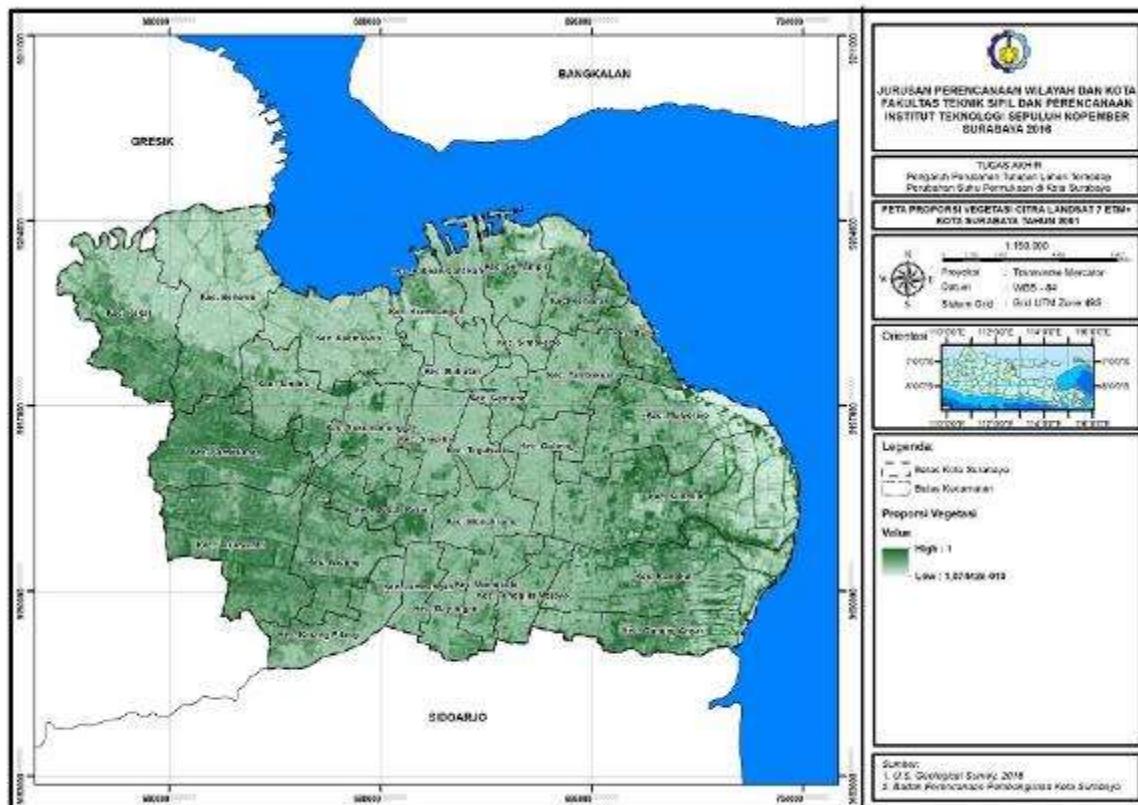
$$e = 0.004P_v + 0.986 \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana,

$e$  = emisivitas

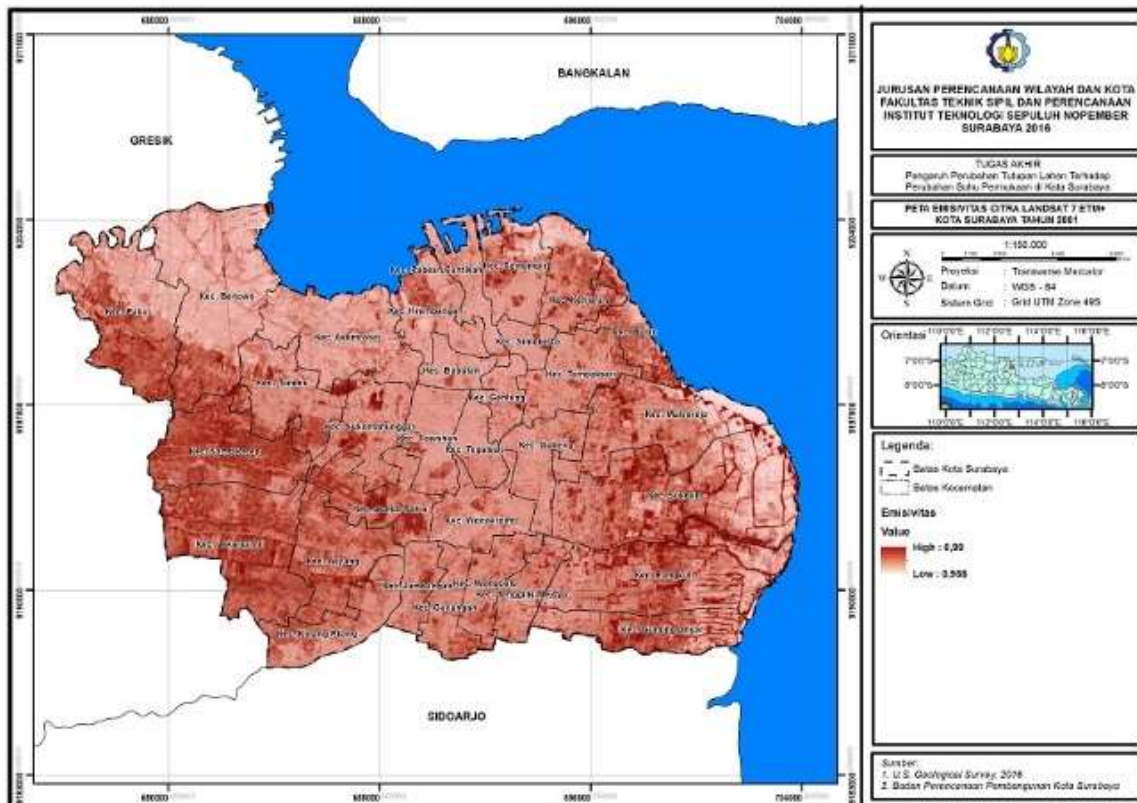
Nilai proporsi vegetasi dan emisivitas hasil perhitungan dapat dilihat pada Peta 4.7 dan Peta 4.8.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.7** Proporsi Vegetasi Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.8** Emisivitas Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Nilai emisivitas yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai suhu permukaan. Nilai suhu permukaan tersebut dihitung berdasarkan rumus :

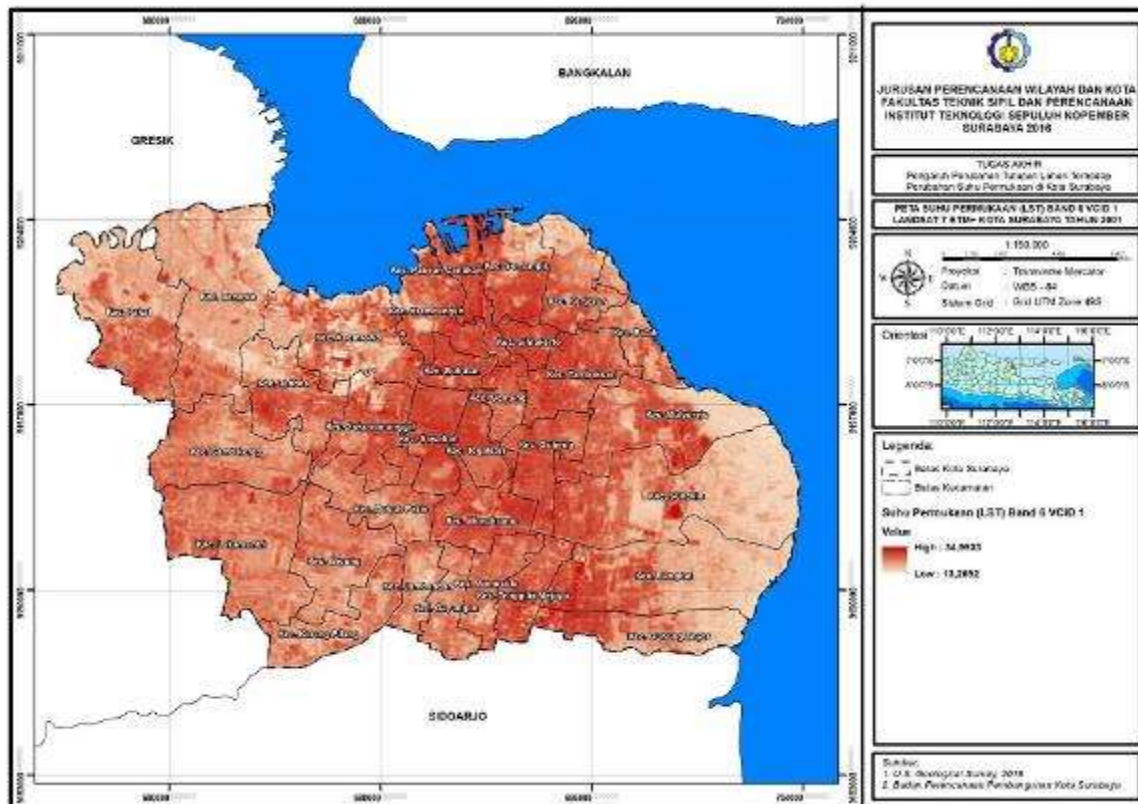
$$LST = BT / 1 + w * (BT / p) * \ln(e) \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana,

- BT = Temperatur hasil rekaman citra satelit
- w = panjang gelombang dari *emitted radiance* (11,5  $\mu\text{m}$ )
- p =  $h * c / s$  ( $1,438 * 10^{-2} \text{ m K}$ )
- h = Konstanta Planck ( $6,626 * 10^{-34} \text{ Js}$ )
- s = Konstanta Boltzmann ( $1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$ )
- c = *velocity of light* ( $2,998 * 10^8 \text{ m/s}$ )
- p = 14380

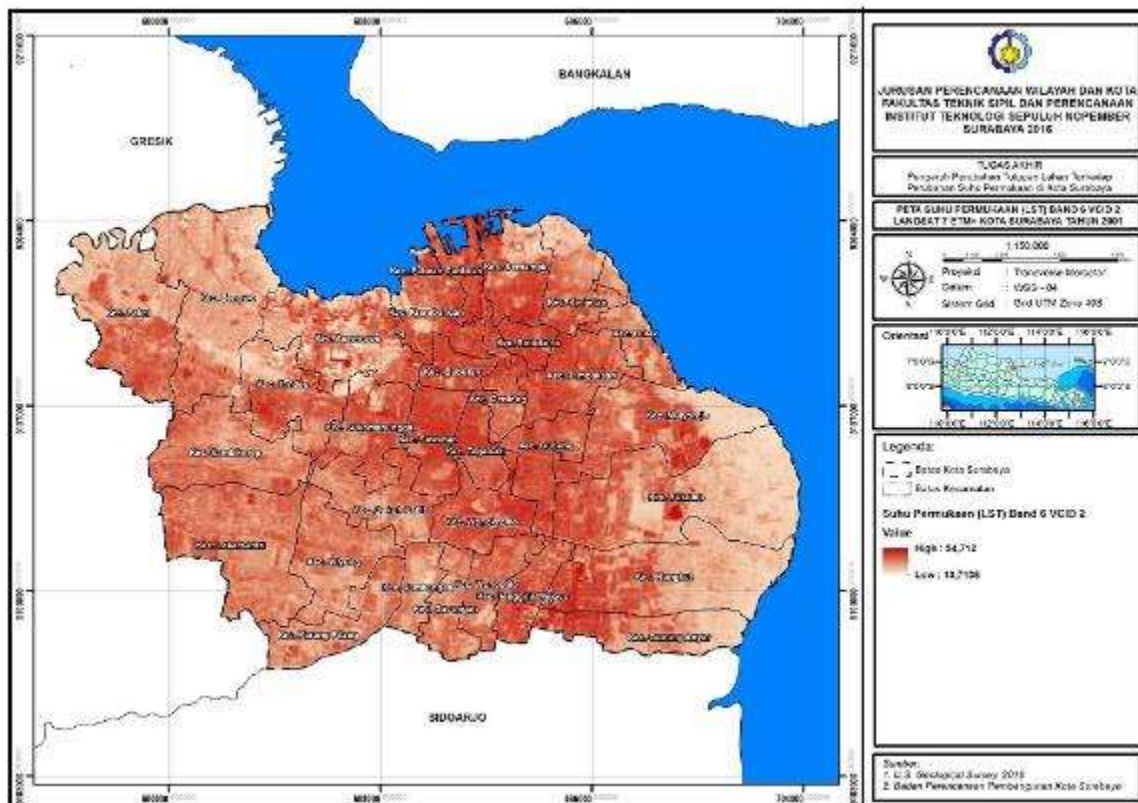
Masing-masing nilai suhu permukaan atau LST (*land surface temperature*) untuk Band 6 VCID 1 dan VCID 2 (Peta 4.9 dan Peta 4.10) selanjutnya dihitung rata-rata nilai yang terhitung oleh band 6 VCID 1 dan band 6 VCID 2. Hasil perhitungan rata-rata nilai dari keduanya merupakan nilai suhu permukaan dari citra landsat 7 ETM+ band 6 di Kota Surabaya Tahun 2001. Pada peta suhu permukaan tersebut selanjutnya dilakukan klasifikasi suhu permukaan. Pengklasifikasian tersebut memperhatikan histogram suhu permukaan Kota Surabaya Tahun 2015 hasil dari ekstraksi citra landsat 8 OLI/TIRS untuk dapat dibandingkan perubahannya. Peta klasifikasi suhu permukaan Kota Surabaya hasil ekstraksi dari band 6 tersebut, dapat dilihat pada Peta 4.11.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



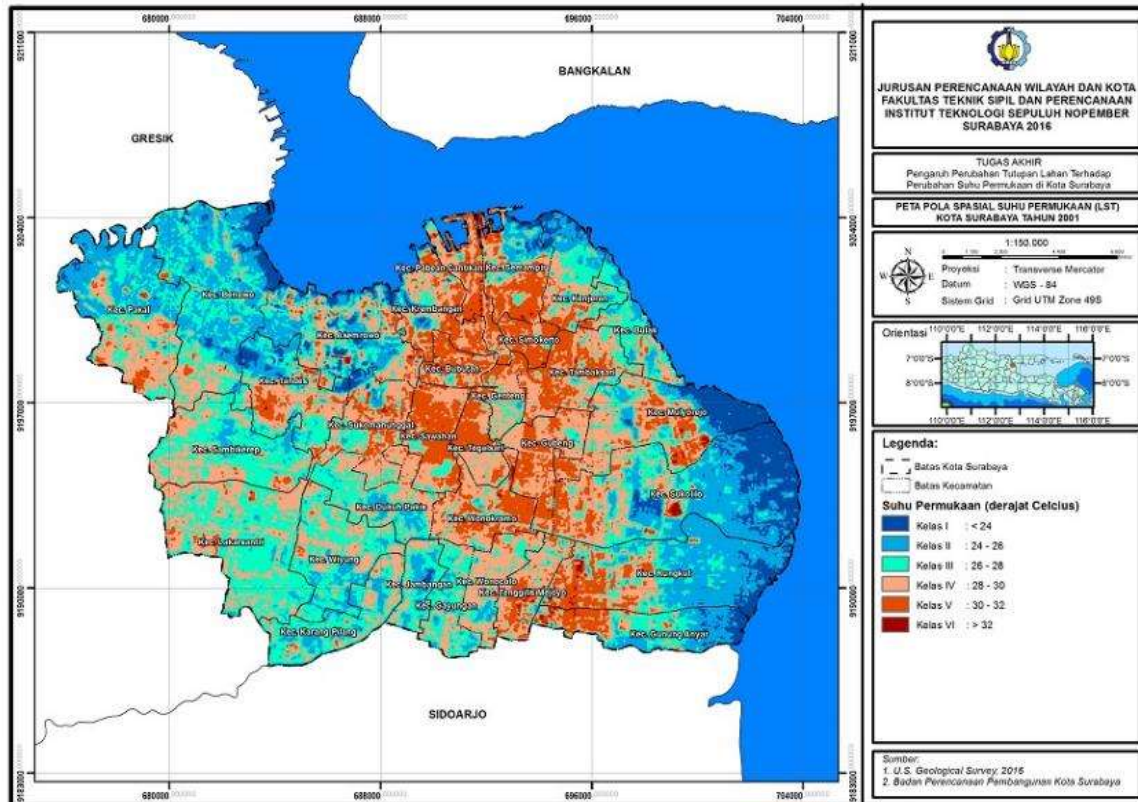
**Peta 4.9** Suhu Permukaan (LST) Band 6 VCID 1 Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.10** Suhu Permukaan (LST) Band 6 VCID 2 Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.11** Pola Suhu Permukaan (LST) Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Dari hasil konversi nilai *digital number* citra landsat Kota Surabaya Tahun 2001 menjadi nilai suhu permukaan, diperoleh nilai suhu permukaan maksimum sebesar 34,85 °C dan suhu permukaan minimum sebesar 13,49 °C. Sedangkan suhu permukaan rata-ratanya adalah sebesar 27,61 °C. Dari hasil klasifikasi nilai suhu permukaan diperoleh 6 kelas suhu. Dari masing-masing kelas tersebut dilakukan perhitungan sebaran luasan tiap kelasnya. Hasil klasifikasi dan perhitungan luasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.4** Luas Tiap Kelas Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001

No	Kelas	Suhu Permukaan (°C)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	I	< 24	2096,10	6,28
2.	II	24 - 26	6428,97	19,25
3.	III	26 - 28	9163,89	27,44
4.	IV	28 - 30	10681,47	31,98
5.	V	30 - 32	4871,52	14,59
6.	VI	> 32	157,23	0,47

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2016

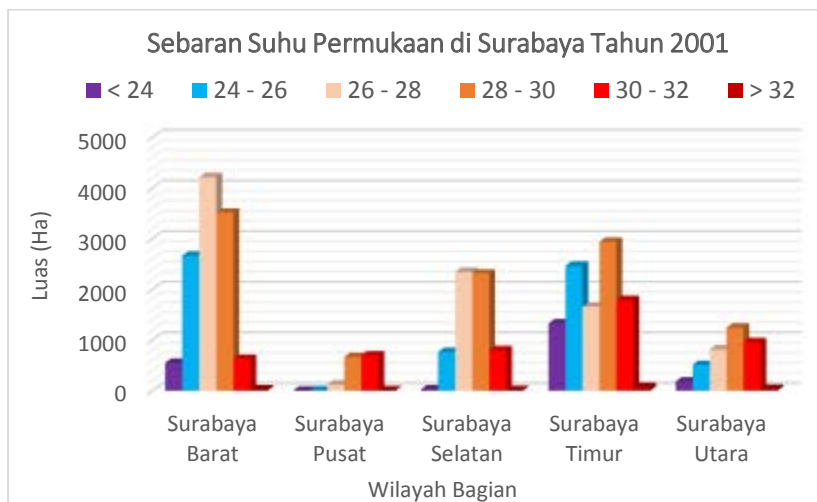


**Gambar 4.8** Persentase Luas LST Kota Surabaya Tahun 2001  
Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.5** Luas Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001

<i>Wilayah Bagian</i>	<i>Suhu Permukaan (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</i>					
	< 24	24 - 26	26 - 28	28 - 30	30 - 32	> 32
Surabaya Barat	549,33	2668,10	4217,51	3513,66	627,17	23,94
Surabaya Pusat	0,27	7,56	118,08	662,94	697,11	7,11
Surabaya Selatan	26,67	765,98	2345,39	2311,72	797,74	11,60
Surabaya Timur	1327,64	2467,46	1657,44	2940,64	1789,02	77,86
Surabaya Utara	179,83	507,57	813,63	1244,52	959,14	36,71

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

**Gambar 4.9** Diagram Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Suhu permukaan Kelas II ( $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ) memiliki sebaran luasan sekitar 19,25% dari luas total Kota Surabaya. Kelas suhu ini membentuk pola region yang tampak berasosiasi dengan suhu permukaan Kelas I, namun memiliki daerah sebaran yang lebih luas. Selain memiliki daerah sebaran yang juga dimiliki oleh Kelas I, kelas suhu ini juga ditemui membentuk titik region tidak teratur, antara lain di Kecamatan Karang Pilang, Wiyung, Sambikerep, Lakarsantri, Sukomanunggal, Gayungan, Wonocolo, Bulak, Genteng, Gubeng, Wonokromo, Tambaksari, dan Tenggilis Mejoyo.

Sementara suhu permukaan Kelas III ( $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ), memiliki luas sebaran terbesar kedua, yaitu sekitar 9163,89 Ha atau sekitar 27,44 % dari seluruh luas wilayah Kota Surabaya di Tahun 2001. Kelas suhu ini sebagian besar dijumpai terkonsentrasi di Kecamatan Sambikerep, Wiyung, Lakarsantri, Dukuh Pakis, Gayungan, dan Jambangan. Disamping wilayah tersebut, kelas suhu ini juga ditemui di sebelah timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar, sebelah utara Kecamatan Bulak, Kenjeran, sebelah selatan Kecamatan Pakal, Benowo, Tandes, dan Sukomanunggal. Sementara pola titik region ditemui tersebar di kecamatan-kecamatan lainnya.

Selanjutnya, suhu permukaan kelas IV ( $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ) memiliki sebaran luasan terbesar diantara kelas suhu lainnya, yaitu sekitar 10681,47 Ha atau sekitar 31,98 % dari luas total Kota Surabaya di Tahun 2001. Kelas suhu ini dapat dijumpai di seluruh kecamatan di Kota Surabaya dengan pola sebaran berupa titik-titik region hingga region yang mencakup wilayah yang luas. Pola sebaran berupa region yang luas cenderung terkonsentrasi menuju ke kawasan perkotaan. Sementara pola titik-titik region tak beraturan dapat ditemui di seluruh kecamatan di Surabaya.

Suhu permukaan Kelas V ( $30 - 32^{\circ}\text{C}$ ) memiliki luas sebaran 4871,52 Ha atau sekitar 14,59 %. Berbeda dengan keempat kelas suhu sebelumnya, kelas suhu ini tampak cenderung membentuk pola region yang memanjang dari bagian utara menuju hingga bagian selatan Kota Surabaya. Konsentrasi dari kelas suhu ini dapat dijumpai seperti di Kecamatan Krembangan, Pabean Cantikan, Semampir, Simokerto, Bubutan, Tambaksari, Genteng, Sukomanunggal, Sawahan, Tegalsari, Gubeng, Wonokromo, Tenggilis Mejoyo, sebelah barat Kecamatan Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Disamping kecamatan-kecamatan tersebut, sebaran suhu kelas ini juga ditemui membentuk pola region yang terpisah, seperti Kecamatan Pakal, Tandes, dan Mulyorejo.

Suhu permukaan Kelas VI merupakan kelas suhu tertinggi dari kelas lainnya, yaitu  $> 32^{\circ}\text{C}$ . Namun kelas suhu ini justru merupakan kelas suhu yang memiliki sebaran luasan terkecil dari kelas suhu lainnya, yaitu hanya sekitar 157,23 Ha atau 0,47 % dari total luas Kota Surabaya pada Tahun 2001. Sejalan dengan cakupan luasannya yang kecil, keberadaan kelas suhu ini juga hanya terbatas pada beberapa wilayah tertentu saja. Pola sebaran yang dibentuk oleh kelas suhu ini berupa titik-titik region yang mencakup wilayah yang kecil. Suhu permukaan kelas ini dapat ditemukan antara lain di Kecamatan Bubutan, Asemrowo, Tandes, Tambaksari, Sukolilo, sebelah utara Kecamatan Wonokromo, sebelah selatan Kecamatan Simokerto, Pabean Cantikan, Tenggilis Mejoyo, sebelah barat Kecamatan Rungkut dan Kecamatan Gunung Anyar.

Dari keenam kelas tersebut dapat dilihat grafik sebaran suhu permukaan di Kota Surabaya pada Tahun 2001, seperti terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.10** Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2016

Dari grafik diatas terlihat suhu permukaan diatas terlihat grafik sebaran luasan suhu permukaan mengalami kenaikan pada Kelas II ( $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ) dan semakin meninggi hingga Kelas IV ( $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ). Namun sebaran luasan suhu permukaan mengalami penurunan pada Kelas V ( $30 - 32^{\circ}\text{C}$ ) dan semakin mengecil pada Kelas VI ( $> 32^{\circ}\text{C}$ ). Suhu permukaan Kelas IV memiliki sebaran terluas dari lainnya yaitu sekitar 10681,47 Ha atau hampir  $\frac{1}{3}$  luas Kota Surabaya. Sedangkan suhu permukaan Kelas VI memiliki sebaran luas terkecil dari kelas lainnya, yaitu hanya sekitar 0,47 % luas Kota Surabaya.

#### 4.2.1.2 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015

Untuk memperoleh nilai suhu permukaan pada citra landsat 8 digunakan band 10 dan band 11 (Peta 4.12 dan Peta 4.13). Dalam mengkonversi nilai DN pada citra landsat 8 menjadi suhu permukaan dilakukan langkah yang serupa dengan konversi DN ke suhu permukaan pada citra landsat 7. Langkah

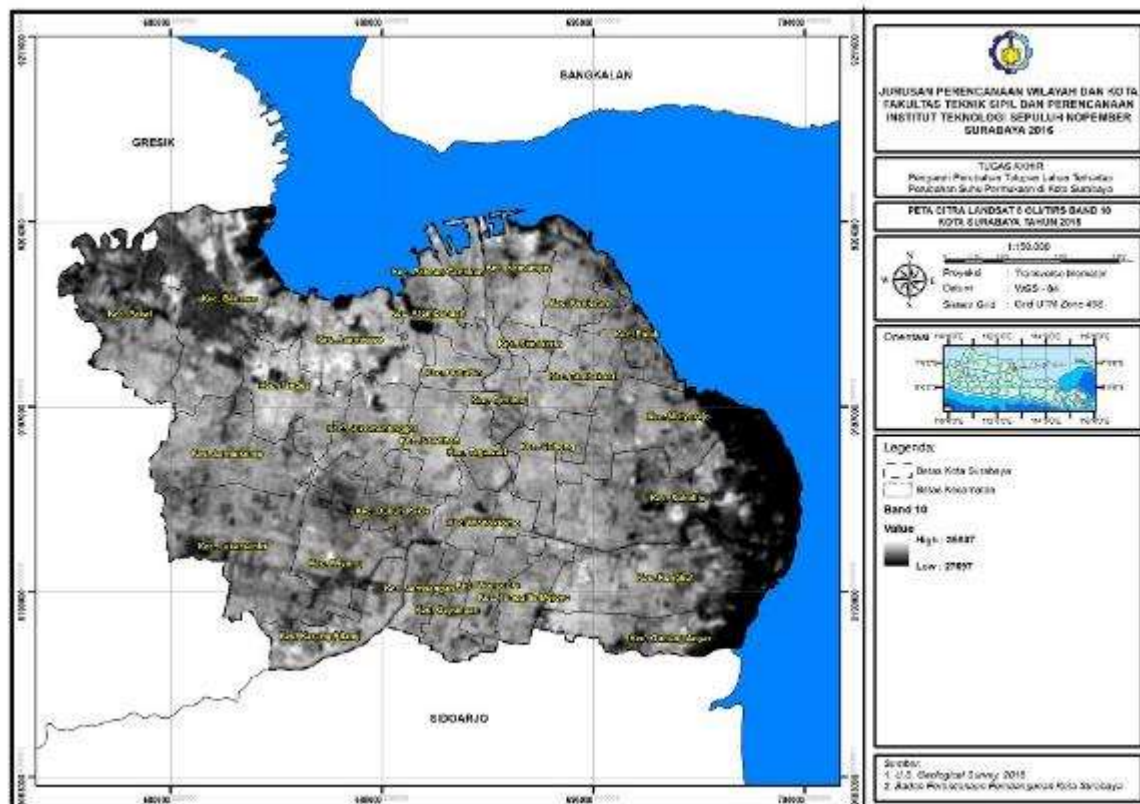
pertama ialah mengubah nilai DN dari band 10 dan band 11 menjadi nilai spektral radian dengan menggunakan rumus:

$$L_{\lambda} = M_L QCAL + A_L \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana,

- $L_{\lambda}$  = Spektral radian BAND\_x dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm), dimana x adalah nomor band
- $M_L$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)
- $QCAL$  = Nilai piksel citra satelit (DN)
- $A_L$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

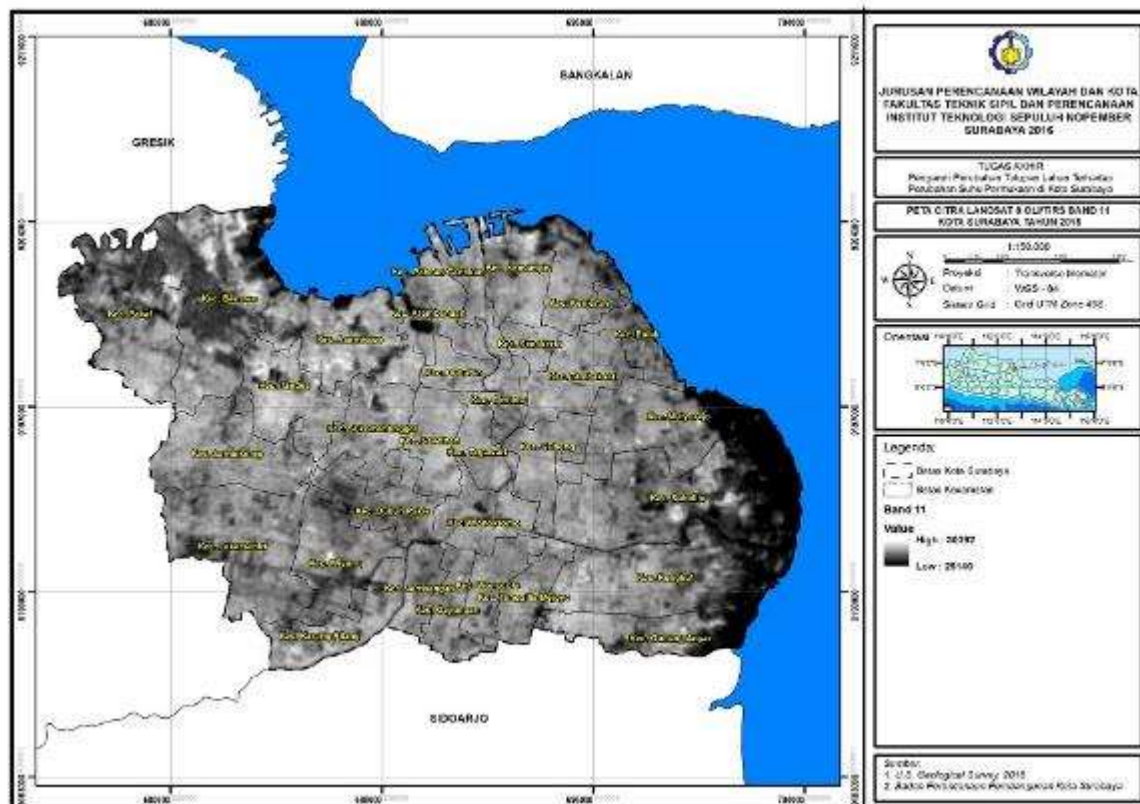
Hasil konversi nilai DN band 10 dan band 11 menjadi nilai spektral radian dapat dilihat pada Peta 4.14 dan Peta 4.15.



**Peta 4.12** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 10 Kota Surabaya

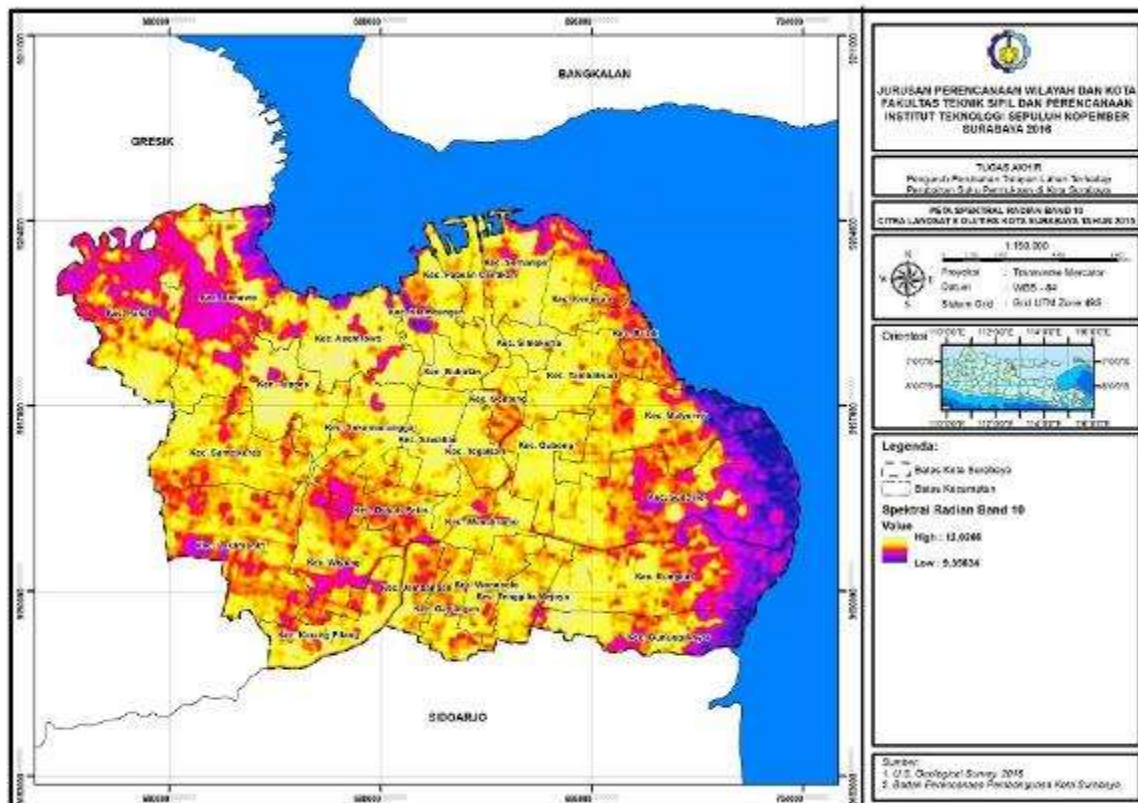
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





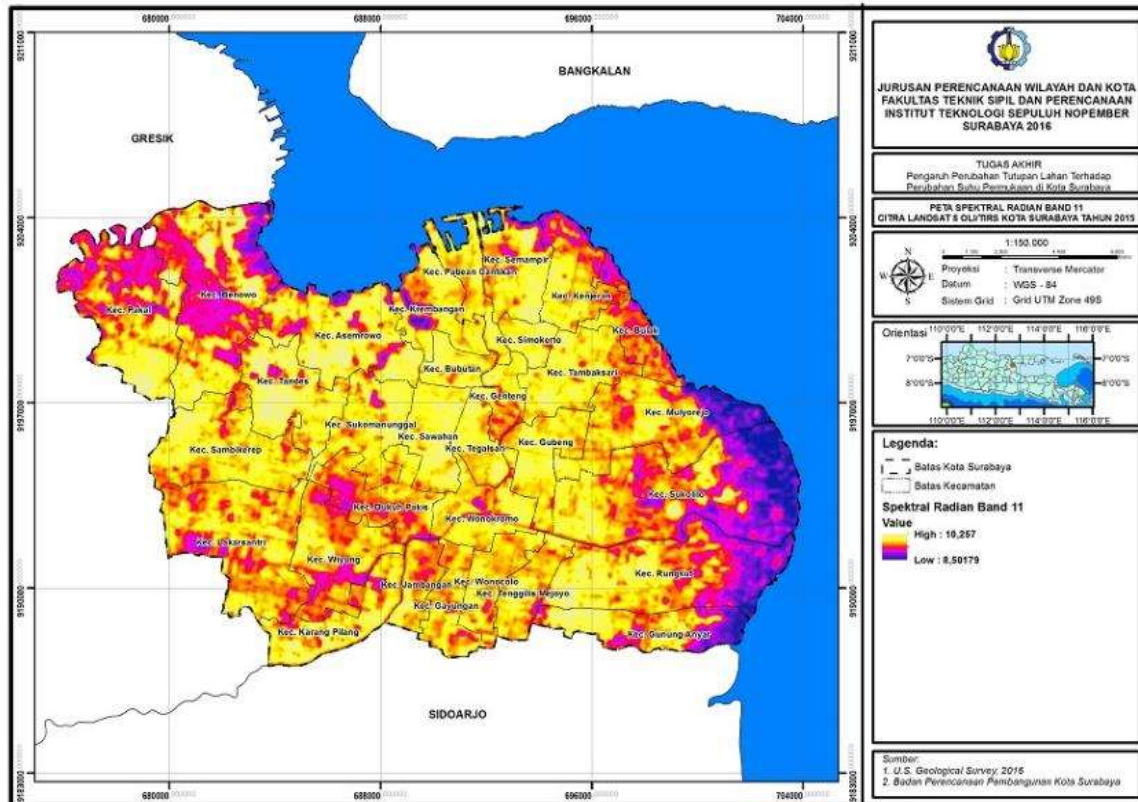
Peta 4.13 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 11 Kota Surabaya

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.14** Spektral Radian Band 10 Citra Landsat Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.15** Spektral Radian Band 11 Citra Landsat Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Setelah nilai DN diubah menjadi nilai spektral radian, langkah selanjutnya spektral radian menjadi nilai temperatur dengan menggunakan persamaan :

$$T = \left( \frac{K_2}{\ln \left( \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \right) - 273,15 \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana:

T = Temperatur dalam derajat Celcius

$K_1$  = Konstanta kalibrasi

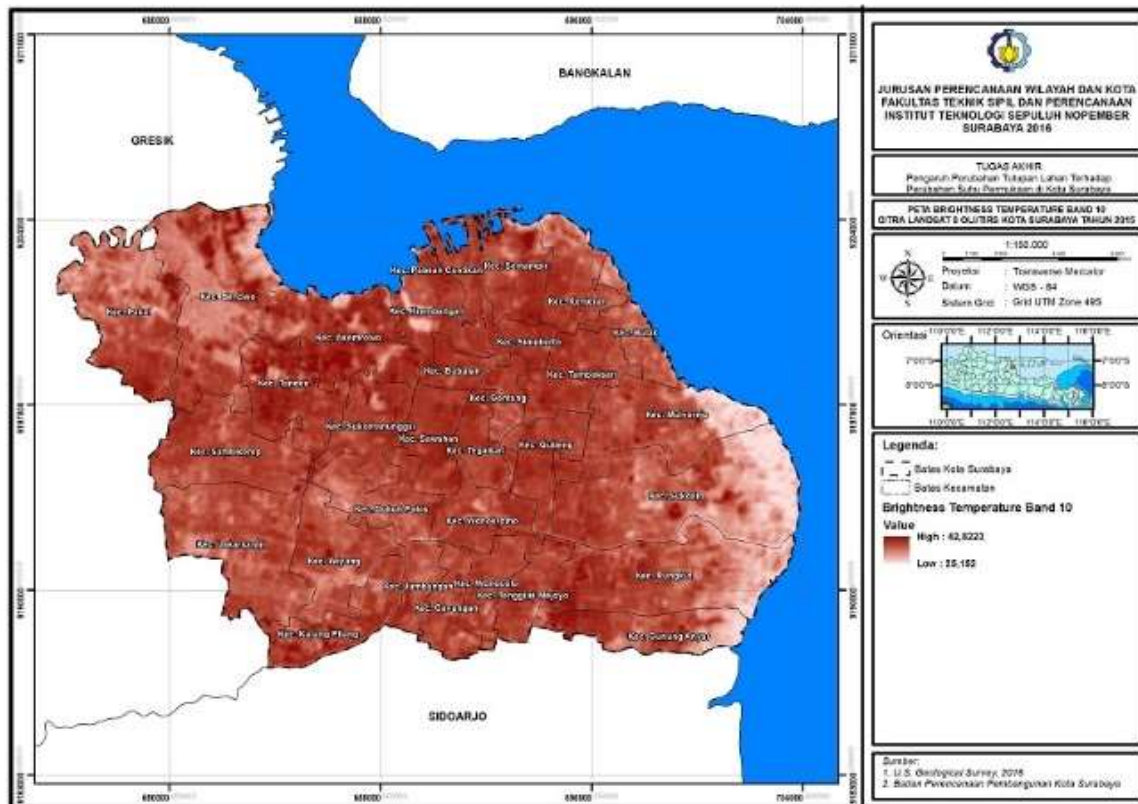
$K_2$  = Konstanta kalibrasi

$L_\lambda$  = Spektral Radian *watts/(meter squared \* ster \*  $\mu m$ )*

Nilai  $K_1$  dan  $K_2$  didapatkan dari *metadata file* yang terdapat pada produk citra landsat 8 aquisisi 20 September 2015. Baik band 10 maupun band 11 memiliki nilai  $K_1$  dan  $K_2$  nya masing-masing. Sementara  $L_\lambda$  merupakan nilai spektral radian dari band 10 ataupun band 11. Nilai -273,15 dimasukkan sebagai faktor pengkonversi temperatur yang dihasilkan dengan satuan derajat Kelvin agar memiliki satuan derajat Celcius. Nilai temperatur hasil konversi tersebut dapat dilihat pada Peta 4.16 dan Peta 4.17.

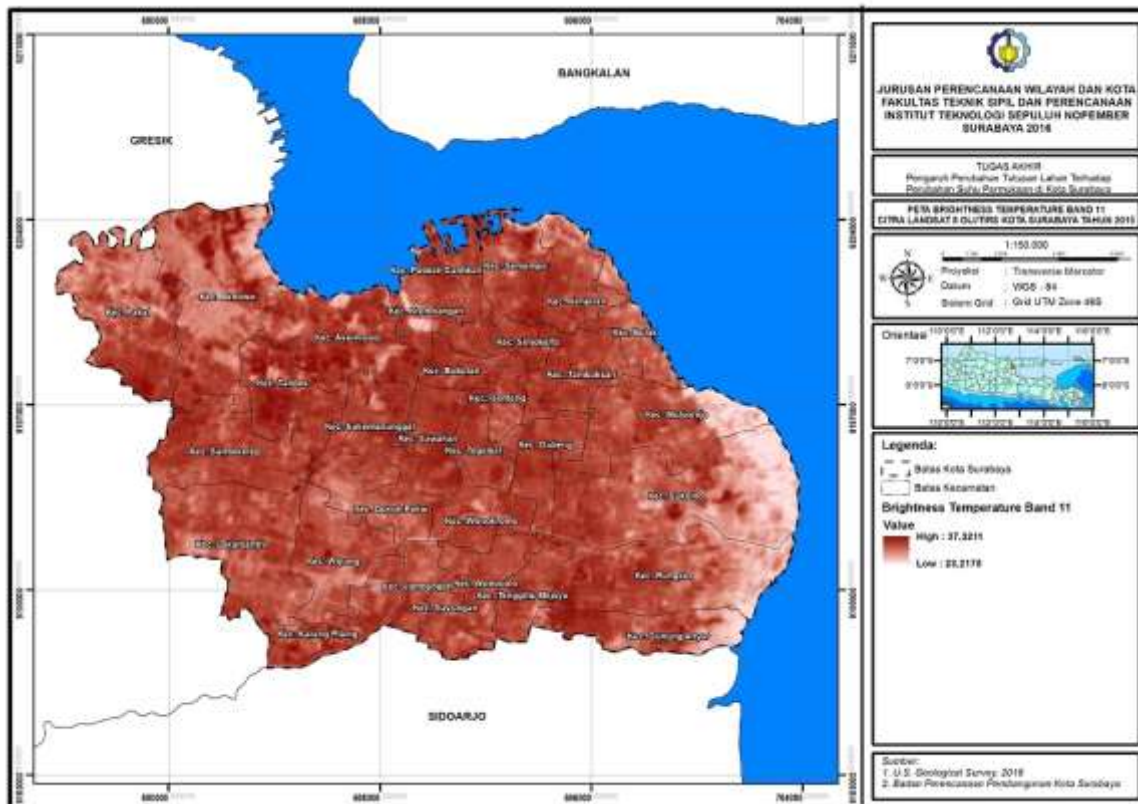
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.16** Brightness Temperature Band 10 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.17** Brightness Temperature Band 11 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Untuk mengubah nilai temperatur menjadi suhu permukaan perlu diketahui nilai proporsi vegetasi yang dihitung berdasarkan dari nilai NDVI Tahun 2015. Selanjutnya dari proporsi vegetasi tersebut digunakan untuk menghitung besar emisivitas yang berguna untuk mendapatkan nilai suhu permukaan. Secara berturut-turut rumus perhitungan proporsi vegetasi dan emisivitas dituliskan pada persamaan (3.4) dan (3.5)

$$P_v = (NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana,

$P_v$  = Proporsi vegetasi

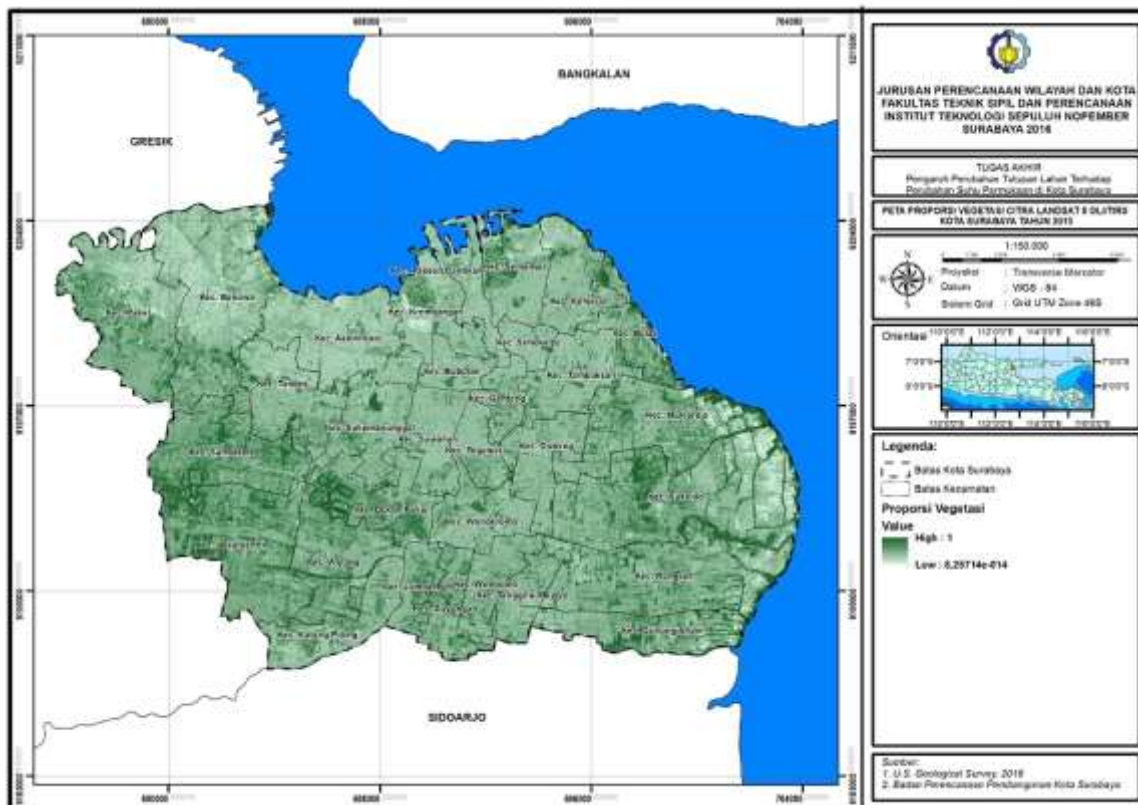
$$e = 0.004P_v + 0.986 \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana,

$e$  = emisivitas

Peta hasil perhitungan proporsi vegetasi dan peta emisivitas secara berturut-turut dapat dilihat pada Peta 4.18 dan Peta 4.19.

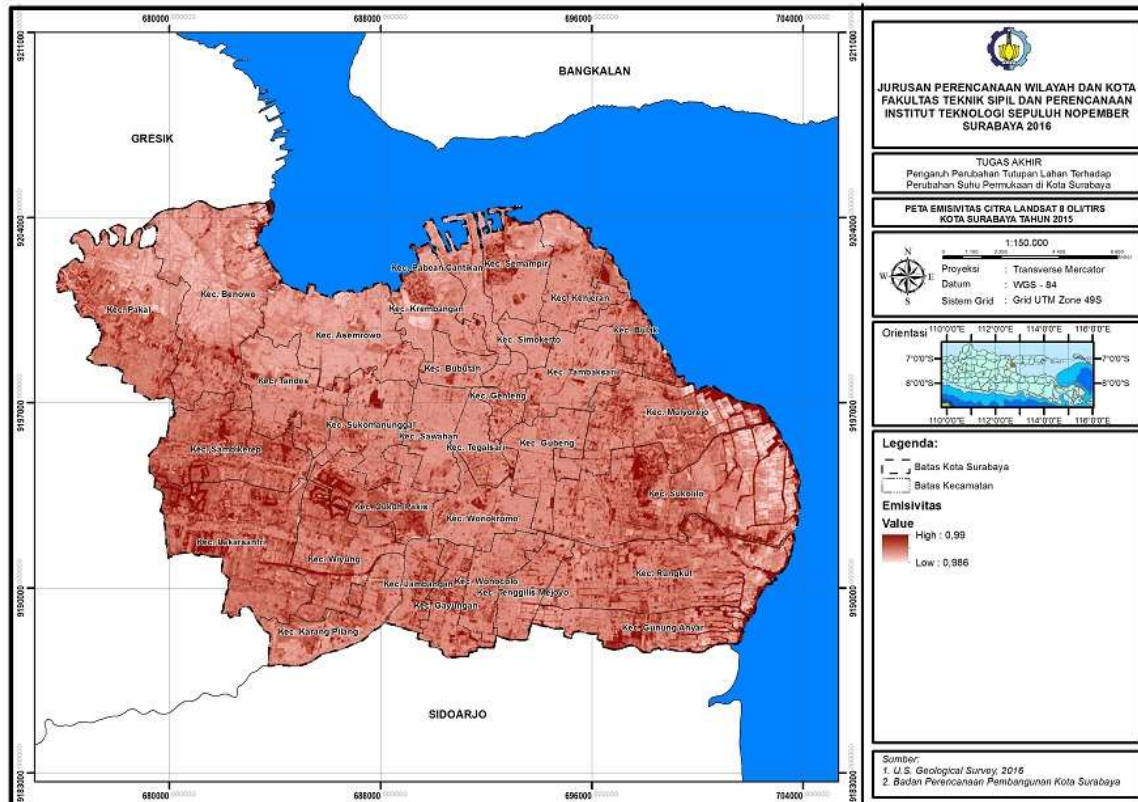
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.18** Proporsi Vegetasi Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.19** Emisivitas Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Langkah berikutnya ialah mengubah temperatur menjadi suhu permukaan atau *Land Surface Temperature* (LST) dengan memperhatikan peta emisivitas yang telah didapat. Adapun perhitungannya dirumuskan sebagai berikut.

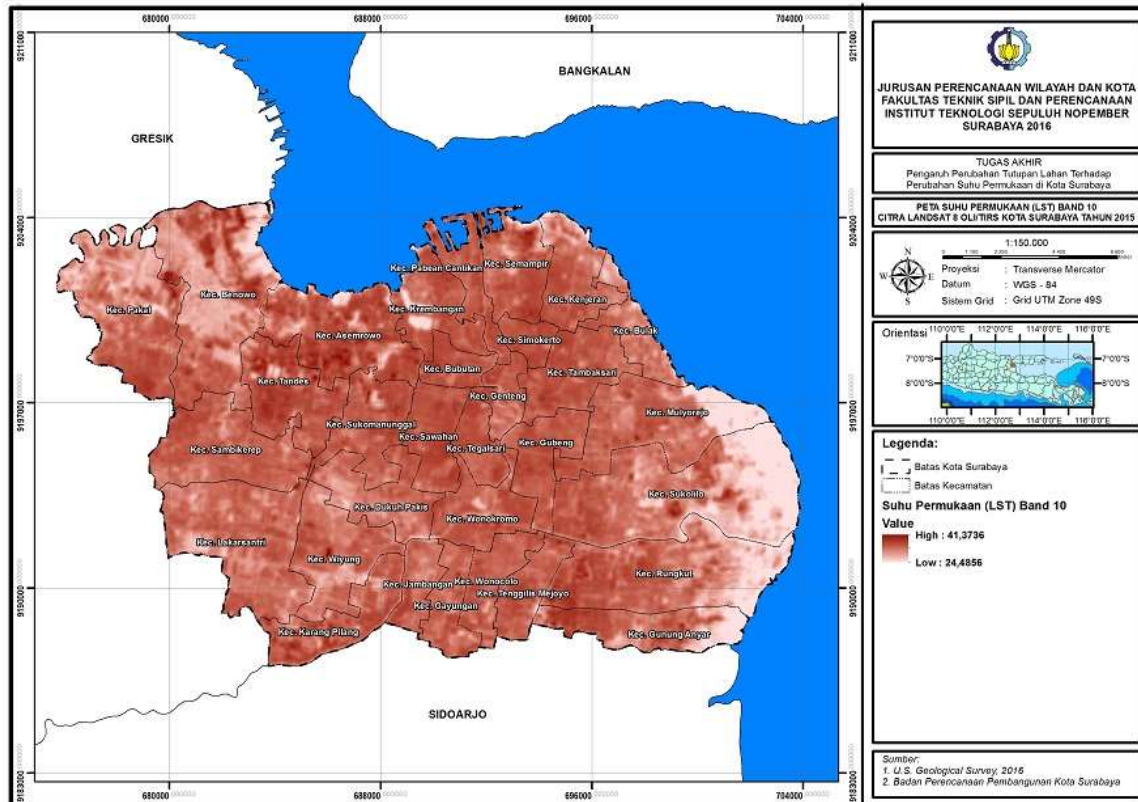
$$LST = BT / 1 + w * (BT / p) * \ln(e) \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana,

- BT = Temperatur hasil rekaman citra satelit
- w = panjang gelombang dari *emitted radiance* (11,5  $\mu\text{m}$ )
- p =  $h * c / s$  ( $1,438 * 10^{-2} \text{ m K}$ )
- h = Konstanta Planck ( $6,626 * 10^{-34} \text{ Js}$ )
- s = Konstanta Boltzmann ( $1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$ )
- c = *velocity of light* ( $2,998 * 10^8 \text{ m/s}$ )
- p = 14380

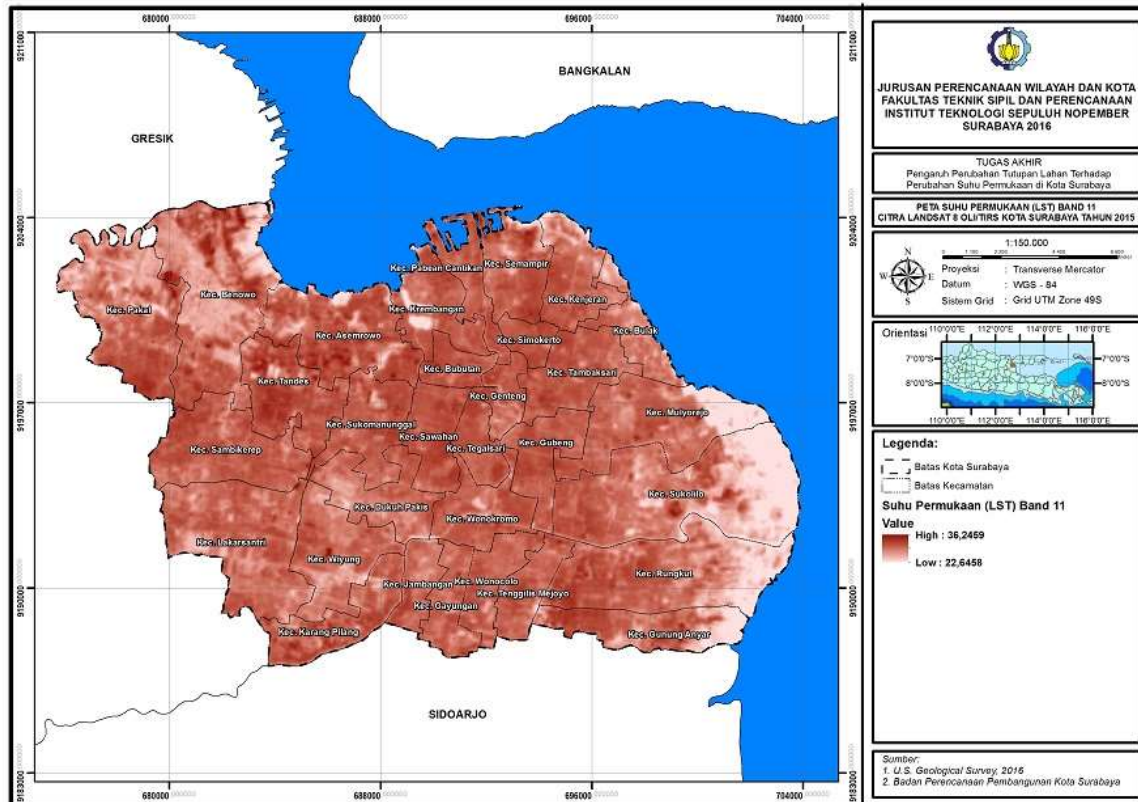
Suhu permukaan yang dihasilkan baik dari band 10 maupun band 11 (Peta 4.20 dan Peta 4.21) kemudian dihitung rata-rata dari keduanya sehingga diperoleh peta pola spasial suhu permukaan untuk Tahun 2015. Klasifikasi suhu permukaan dilakukan agar suhu permukaan Tahun 2015 dapat dibandingkan dengan suhu permukaan di Tahun 2001. Pembagian kelas suhu permukaan tersebut memperhatikan histogram suhu permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 hasil dari ekstraksi citra landsat 7 ETM. Adapun peta klasifikasi suhu permukaan Kota Surabaya Tahun 2015 dapat dilihat pada Peta 4.22.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.20** Suhu Permukaan (LST) Band 10 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

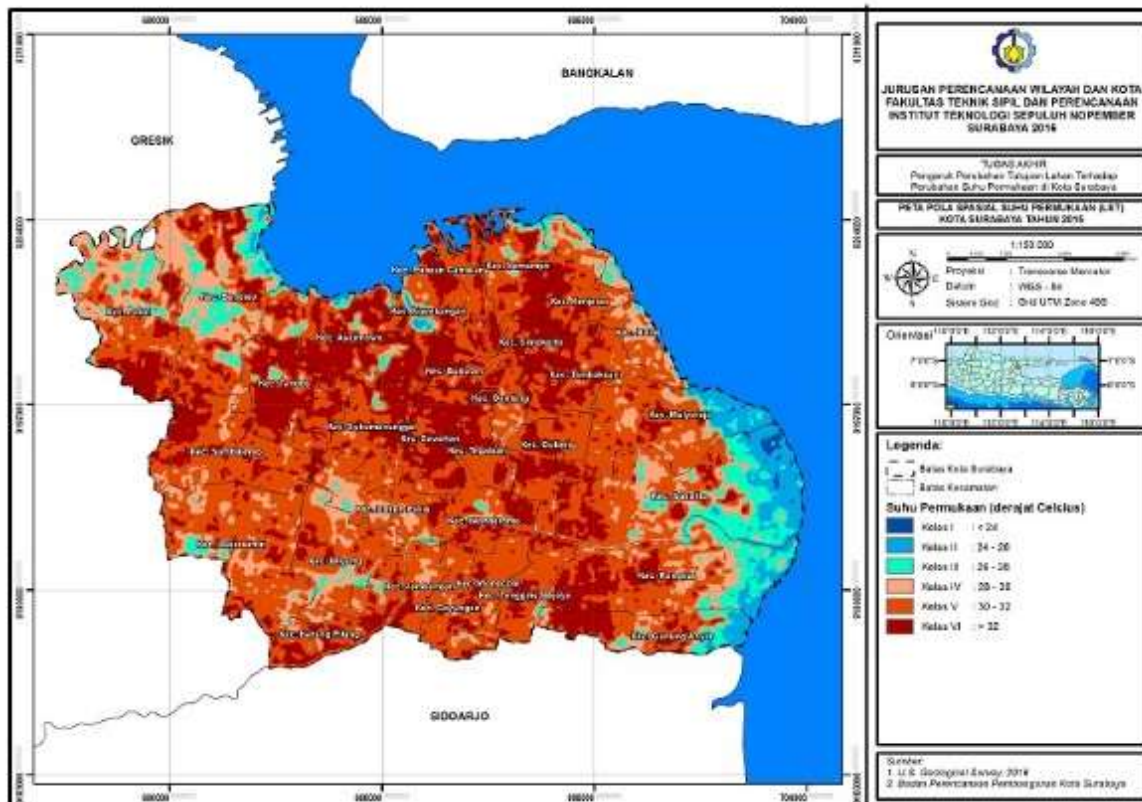
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.21** Suhu Permukaan (LST) Band 11 Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





Peta 4.22 Pola Suhu Permukaan (LST) Kota Surabaya Tahun 2015

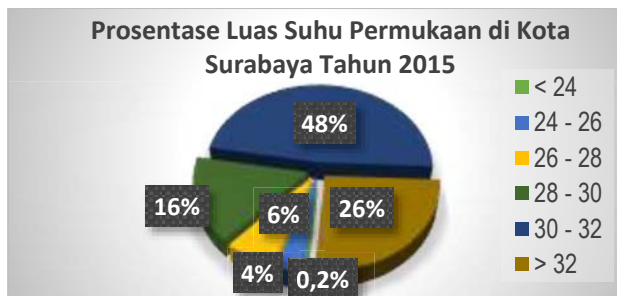
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari hasil pengolahan citra landsat Kota Surabaya Tahun 2015 diperoleh peta distribusi spasial suhu permukaan yang dikategorikan menjadi 6 kelas. Hasil pengolahan citra landsat Tahun 2015 menunjukkan nilai suhu permukaan minimum di Kota Surabaya adalah sebesar  $23,6^{\circ}\text{C}$  dan suhu permukaan maksimumnya sebesar  $38,8^{\circ}\text{C}$ . Sementara suhu permukaan rata-ratanya diperoleh sebesar  $30,6^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan Peta Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015, selanjutnya dilakukan perhitungan sebaran luasan dari masing-masing kelas suhu permukaan.

**Tabel 4.6** Luas Tiap Kelas Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015

No	Kelas	Suhu Permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	I	$< 24$	63,63	0,19
2.	II	24 - 26	1230,03	3,68
3.	III	26 - 28	2206,35	6,61
4.	IV	28 - 30	5346,81	16,01
5.	V	30 - 32	15979,50	47,84
6.	VI	$> 32$	8572,86	25,67

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2016



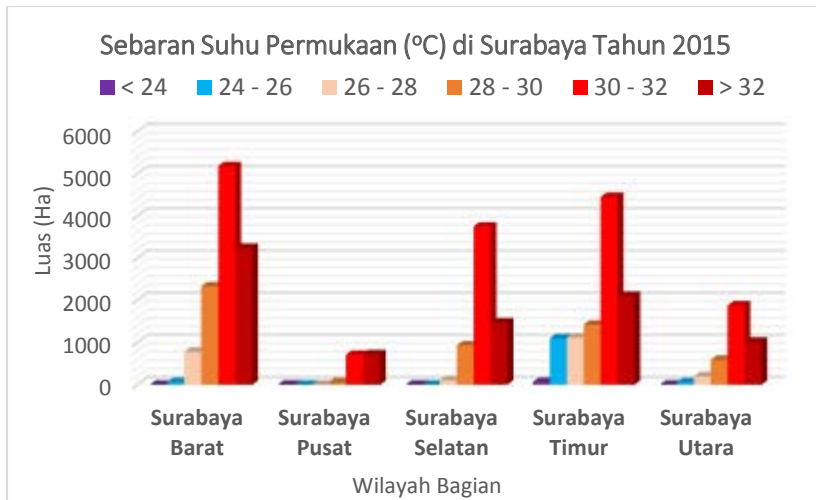
**Gambar 4.11** Persentase Luas Tiap Kelas LST Tahun 2015

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.7** Luas Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015

<i>Wilayah Bagian</i>	<i>Suhu Permukaan (°C)</i>					
	< 24	24 - 26	26 - 28	28 - 30	30 - 32	> 32
Surabaya Barat	0,00	63,94	780,71	2334,22	5178,87	3241,99
Surabaya Pusat	0,00	0,00	0,00	57,61	711,32	724,14
Surabaya Selatan	0,00	0,27	104,89	930,43	3748,42	1475,10
Surabaya Timur	63,63	1101,50	1115,09	1422,14	4448,45	2109,26
Surabaya Utara	0,00	57,67	196,02	589,14	1879,59	1018,97

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

**Gambar 4.12** Diagram Sebaran Suhu Permukaan per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Suhu permukaan Kelas I ( $< 24^{\circ}\text{C}$ ) ditemukan membentuk pola titik-titik di sebelah timur Kecamatan Sukolilo. Suhu permukaan kelas ini mempunyai menempati luas terkecil dari seluruh wilayah Kota Surabaya, yakni hanya sekitar 0,19 %. Suhu permukaan Kelas II ( $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ) sebagian besar ditemukan terkonsentrasi di wilayah Surabaya Timur yaitu di Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Kecamatan Gunung Anyar. Kelas suhu permukaan ini membentuk pola kontinu dari utara ke selatan di sepanjang daerah pesisir kecamatan-kecamatan tersebut.

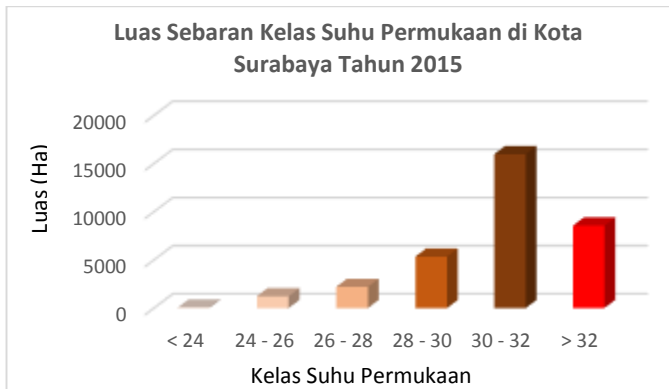
Suhu permukaan Kelas III ( $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ) ditemukan membentuk pola yang tidak teratur dan memanjang terutama di bagian timur Kecamatan Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar searah dengan suhu permukaan Kelas II. Suhu permukaan kelas ini juga ditemukan berada di bagian utara dan tengah Kecamatan Benowo, serta di sebelah utara dan barat Kecamatan Pakal. Selain itu, pola suhu permukaan ini juga terbentuk berupa titik-titik region di kecamatan lainnya, seperti Kecamatan Krembangan, Asemrowo, Tandes, Sukomanunggal, Lakarsantri, Wiyung, Karang Pilang, Dukuh Pakis, Wonokromo, Tenggilis Mejoyo, Semampir, Kenjeran, Gayungan, dan Bulak.

Suhu permukaan Kelas IV ( $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ) merupakan kelas suhu permukaan yang memiliki sebaran luas sekitar 16,01% dari seluruh luas Kota Surabaya. Suhu permukaan kelas ini membentuk pola yang serupa dengan Kelas III dan tersebar di wilayah yang sama. Namun suhu permukaan kelas ini juga dijumpai berada di Kecamatan Wonocolo, Jambangan, Genteng, Sambikerep, Simokerto, Bubutan, Tambaksari, dan Pabean Cantikan.

Suhu permukaan kelas V ( $30 - 32^{\circ}\text{C}$ ) mempunyai luas sebaran terbesar dari kelas-kelas lainnya, yaitu sekitar 15979,50 Ha atau 47,84 % dari seluruh luas wilayah Kota Surabaya di Tahun 2015. Suhu permukaan kelas ini memiliki daerah sebaran di seluruh kecamatan di Kota Surabaya. Pola sebaran yang terbentuk dari kelas suhu ini berupa pola region-region yang mencakup daerah yang luas. Suhu permukaan Kelas V terlihat sebagian besar terkonsentrasi di wilayah Surabaya Barat menuju kearah Surabaya Selatan, lalu ke arah Surabaya Timur dan memanjang hingga kearah Surabaya Utara.

Suhu permukaan Kelas VI ( $> 32^{\circ}\text{C}$ ) merupakan kelas suhu yang mempunyai sebaran luas terbesar kedua setelah suhu permukaan Kelas V, yaitu sekitar 8572,86 Ha atau 25,67 % dari total luas wilayah Kota Surabaya. Pola sebaran suhu yang terbentuk ialah berupa region-region dengan suhu permukaan Kelas V berada di sekelilingnya. Suhu permukaan Kelas VI tersebar di seluruh wilayah Surabaya. Namun, terdapat beberapa wilayah yang menjadi konsentrasi dari suhu permukaan kelas ini, seperti di Kecamatan Tegalsari, Genteng, Bubutan, Simokerto, Gubeng, Wonokromo, Pakal, Benowo, Asemrowo, Sambikerep, Tandes, Sukomanunggal, Sawahan, Krembangan,

Kenjeran, Semampir, Tambaksari, Rungkut, Gunung Anyar, Sukolilo, Tenggilis Mejoyo, dan Karang Pilang. Sementara di kecamatan-kecamatan lainnya pola sebaran suhu yang terbentuk berupa titik-titik region yang mencakup wilayah yang kecil.



**Gambar 4.13** Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2015

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2016

Pada Gambar 4.13 terlihat grafik sebaran suhu permukaan Kota Surabaya pada Tahun 2015 yang diperoleh dari hasil pengolahan citra landsat. Suhu permukaan yang berada pada rentang  $< 24^{\circ}\text{C}$  mempunyai sebaran terkecil daripada kelas lainnya. Selanjutnya peningkatan sebaran suhu permukaan terjadi pada rentang suhu  $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ,  $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ,  $28 - 30^{\circ}\text{C}$  dan peningkatan tertinggi terjadi pada rentang suhu  $30 - 32^{\circ}\text{C}$  dengan luas cakupan hampir  $\frac{1}{2}$  dari luas wilayah Kota Surabaya. Kemudian grafik suhu sedikit mengalami penurunan pada rentang suhu  $> 32^{\circ}\text{C}$  dengan luas sebaran sekitar  $\frac{1}{4}$  dari luas Kota Surabaya.

#### **4.2.1.3 Perubahan Suhu Permukaan Kota Surabaya**

Selama kurun waktu 2001 hingga 2015 terjadi perubahan suhu yang signifikan di Kota Surabaya. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya rata-rata suhu permukaan Kota Surabaya yaitu sebesar  $2,99^{\circ}\text{C}$  selama 14 tahun terakhir.

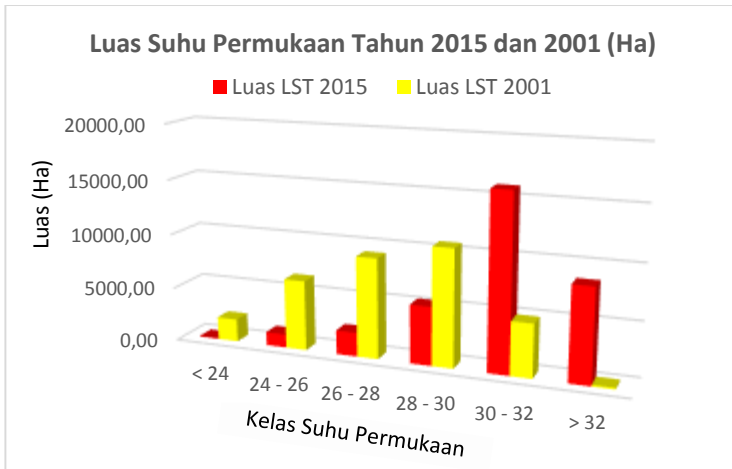
Suhu permukaan Kelas I ( $< 24^{\circ}\text{C}$ ) pada tahun 2015 mengalami penurunan sebaran luasan sebesar 2032,47 Ha atau sekitar 5% dari seluruh jumlah perubahan suhu yang terjadi. Perubahan tersebut terjadi terutama pada beberapa kecamatan seperti sebelah utara Kecamatan Benowo, Tandes, Semampir, Kenjeran, sebelah timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar, dan di Kecamatan Jambangan.

Sementara suhu permukaan Kelas II ( $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ) juga mengalami penurunan luas sebaran sebesar 5198,94 Ha (13%). Perubahan tersebut sebagian besar terjadi di bagian timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar yang merupakan area tambak dan mangrove. Demikian halnya dengan suhu permukaan Kelas II, suhu permukaan Kelas III ( $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ) juga mengalami penurunan luas sebesar 6957,54 Ha (18%). Penurunan tersebut terjadi hampir di seluruh Kota Surabaya, terutama Kecamatan Pakal, Benowo, Sambikerep, Lakarsantri, Wiyung, Genteng, Jambangan, Karang Pilang, Dukuh Pakis, Gayungan, Gunung Anyar, Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo, Bulak, dan Kenjeran. Pada Tahun 2015 keberadaan sebaran kelas suhu ini hanya ditemui terutama pada Kecamatan Benowo, Pakal, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar, Dukuh Pakis, Wiyung, dan Lakarsantri dengan luasan yang berkurang dibandingkan dengan Tahun 2001.

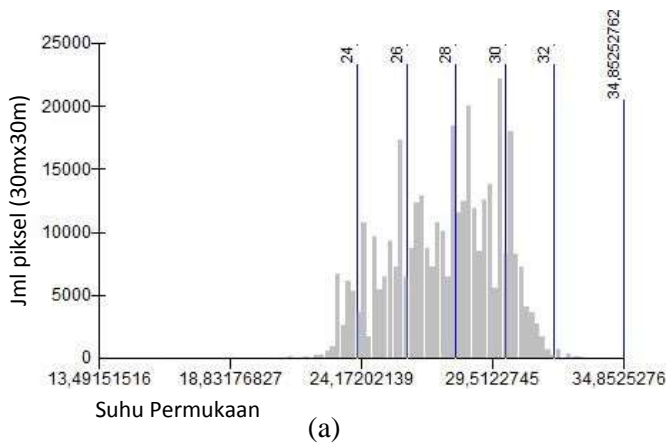


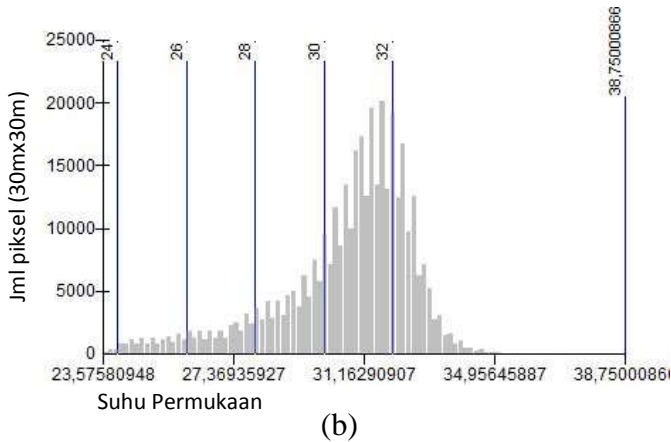
Penurunan luas sebaran suhu permukaan juga terjadi pada Kelas IV ( $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ) luas penurunan sebesar 5334,66 Ha (13%). Penurunan ini terjadi terutama pada kecamatan di Surabaya Pusat, Surabaya Selatan, dan Surabaya Timur. Berbeda dengan kelas-kelas sebelumnya, suhu permukaan Kelas V justru mengalami peningkatan luasan tertinggi dari kelas-kelas lainnya, yaitu sebesar 11107,98 Ha (28%). Peningkatan tersebut terjadi di seluruh Kecamatan di Kota Surabaya.

Demikian halnya dengan Kelas V, suhu permukaan Kelas VI juga mengalami peningkatan luasan yang cukup besar, yakni 8415,63 Ha (22%). Pada Tahun 2001 suhu permukaan Kelas VI hanya dapat ditemui pada beberapa Kecamatan seperti Peningkatan luasan tersebut terjadi di beberapa Kecamatan, seperti Kecamatan Bubutan, Asemrowo, Tandes, Tambaksari, Sukolilo, sebelah utara Kecamatan Wonokromo, sebelah selatan Kecamatan Simokerto, Pabean Cantikan, Tenggilis Mejoyo, sebelah barat Kecamatan Rungkut dan Kecamatan Gunung Anyar, dengan cakupan wilayah yang kecil. Namun pada Tahun 2015 kelas suhu ini mengalami peningkatan luas dan daerah sebaran yang menyebar hampir di seluruh kecamatan di Kota Surabaya. Perubahan sebaran luasan dari tiap rentang kelas suhu permukaan pada Tahun 2001 dibandingkan Tahun 2015 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.14** Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



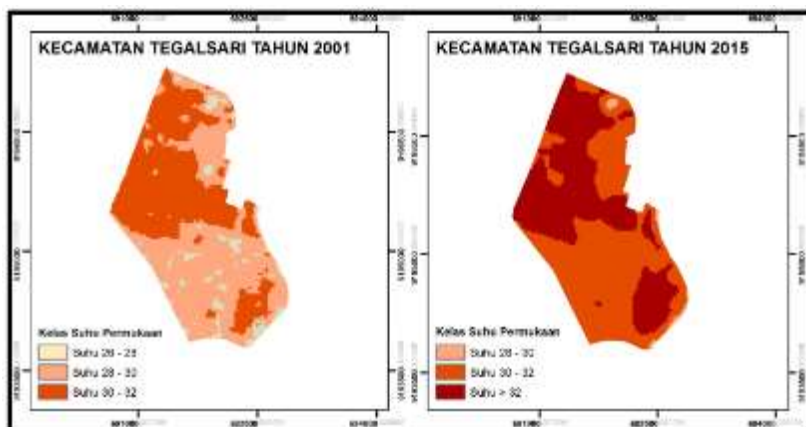


**Gambar 4.15** Histogram Sebaran Suhu Permukaan (a) Tahun 2001  
(b) Tahun 2015

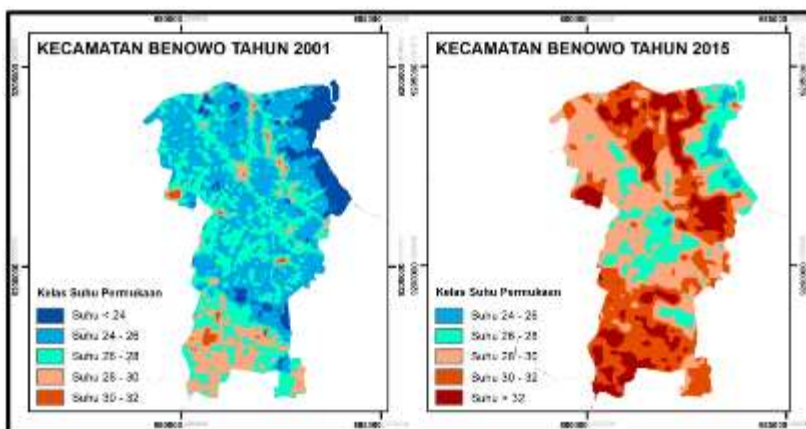
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Histogram sebaran suhu permukaan di Kota Surabaya (Gambar 4.15) menggambarkan pola perubahan suhu permukaan yang terjadi di Kota Surabaya antara Tahun 2001 dan 2015. Suhu permukaan dengan rentang  $< 24^{\circ}\text{C}$ ,  $24 - 26^{\circ}\text{C}$ ,  $26 - 28^{\circ}\text{C}$ , dan  $28 - 30^{\circ}\text{C}$  secara berangsur-angsur mengalami penurunan selama periode 2001 hingga 2015. Disisi lain suhu permukaan dengan rentang  $30 - 32^{\circ}\text{C}$  dan  $> 32^{\circ}\text{C}$  mengalami peningkatan luasan serta daerah sebaran yang meluas menuju ke arah barat, timur, utara dan selatan dari Kota Surabaya.

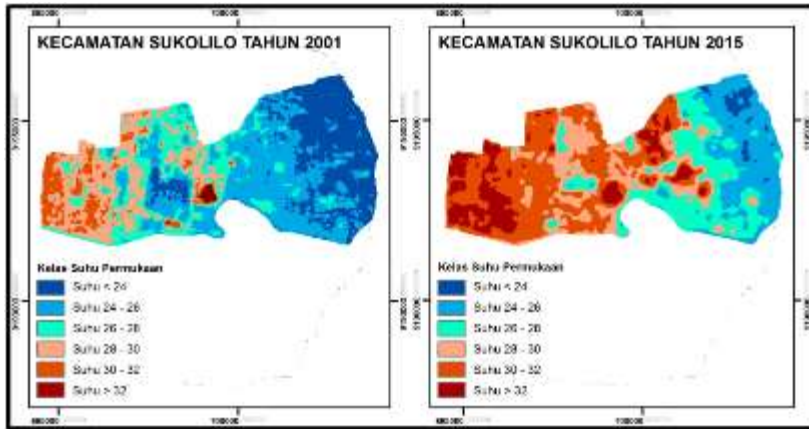
Disamping ditinjau dari perubahan luas suhu permukaan tiap kelasnya, perubahan suhu permukaan juga dapat ditinjau dari segi sebarannya pada suatu wilayah. Berikut ini disajikan gambar yang memvisualkan perubahan suhu permukaan di beberapa kecamatan.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.16** Perubahan Sebaran Suhu Permukaan (a) Kecamatan Tegalsari, (b) Kecamatan Benowo, dan (c) Kecamatan Sukolilo  
Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Bila memperhatikan gambar diatas, dapat diamati telah terjadi perubahan suhu permukaan yang cukup signifikan dari Tahun 2001 hingga Tahun 2015. Pada kawasan Surabaya Pusat, seperti Kecamatan Tegalsari terlihat pola sebaran suhu mengalami peningkatan, Kelas Suhu  $30 - 32^{\circ}\text{C}$  terlihat menggantikan sebaran Kelas Suhu  $26 - 28^{\circ}\text{C}$  dan Kelas Suhu  $28 - 30^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan di daerah Surabaya Barat, seperti Kecamatan Benowo tidak ditemukan lagi sebaran Kelas suhu  $< 24^{\circ}\text{C}$ . Disisi lain sebagian besar wilayah didominasi oleh Kelas Suhu  $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ,  $30 - 32^{\circ}\text{C}$ , dan Kelas Suhu  $> 32^{\circ}\text{C}$ . Kemudian pada daerah Surabaya Timur, seperti Kecamatan Sukolilo, terlihat pola sebaran Kelas Suhu  $< 24^{\circ}\text{C}$  dan  $24 - 26^{\circ}\text{C}$  berkurang drastis pada Tahun 2015 dibandingkan Tahun 2001. Disamping itu terlihat semakin ke arah barat (menuju pusat kota) pola suhu semakin didominasi oleh Kelas Suhu  $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ,  $28 - 30^{\circ}\text{C}$ ,  $30 - 32^{\circ}\text{C}$ , dan Kelas Suhu  $> 32^{\circ}\text{C}$ .

## 4.2.2 Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015

### 4.2.2.1 Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001

Tingkat kerapatan vegetasi pada data citra landsat dapat diidentifikasi dari suatu indeks yang disebut indeks vegetasi atau disebut sebagai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks tersebut memanfaatkan kombinasi dari band inframerah dekat (band 4) dan band merah (band 3) pada citra landsat (band inframerah dekat dan band merah citra landsat Tahun 2001 dapat dilihat pada Peta 4.23 dan Peta 4.24). Dengan memanfaatkan indeks tersebut maka tingkat kerapatan vegetasi di Kota Surabaya dapat diketahui. Nilai indeks vegetasi tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana,

NDVI = Indeks vegetasi

$\rho_{NIR}$  = Nilai reflektan band inframerah dekat

$\rho_{RED}$  = Nilai reflektan band merah

Sebelum menggunakan rumus diatas, terlebih dahulu band NIR dan band red diubah nilai DN nya menjadi nilai reflektan. Pada citra landsat 7 terlebih dahulu nilai DN diubah menjadi spektral radian untuk selanjutnya diubah menjadi reflektan. Pengubahan nilai DN menjadi spektral radian dihitung dengan persamaan (3.1). Nilai spektral radian yang diperoleh kemudian digunakan pada persamaan (3.8) untuk mendapatkan nilai reflektan.

$$\rho_{\lambda} = (\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2) / (ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta_s) \dots \dots \dots (3.8)$$

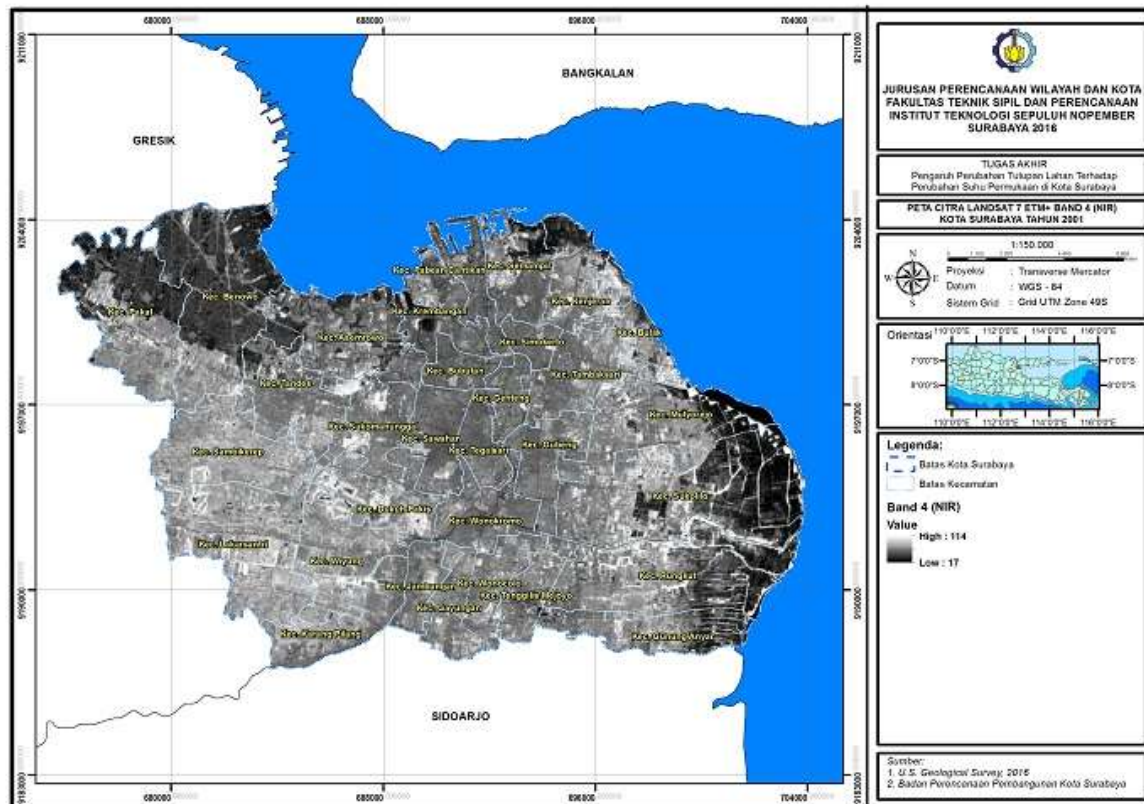
dimana,

- $\rho_{\lambda}$  = *Top of Atmosphere* (TOA) Reflektan
- $\pi$  = Konstanta matematika (3,14159)
- $L_{\lambda}$  = Spektral radian BAND\_x dalam watts/(m<sup>2</sup> \* ster \* μm), dimana x adalah nomor band
- d = Jarak Bumi-Matahari
- $ESUN_{\lambda}$  = *Mean exoatmospheric solar irradiance* watts/(m<sup>2</sup> \* μm)
- $\theta_s$  = Sudut zenith matahari

Hasil perhitungan nilai spektral radian untuk band inframerah dekat dan band merah citra landsat Tahun 2001 dapat dilihat pada Peta 4.25 dan Peta 4.26 Sedangkan untuk nilai reflektannya dapat dilihat pada Peta 4.27 dan Peta 4.28. Nilai reflektan yang diperoleh dari masing-masing band tersebut digunakan pada persamaan (3.7) untuk mengetahui nilai indeks vegetasi (NDVI) pada Kota Surabaya Tahun 2001. Adapun peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya pada Tahun 2001 dapat dilihat pada Peta 4.29.

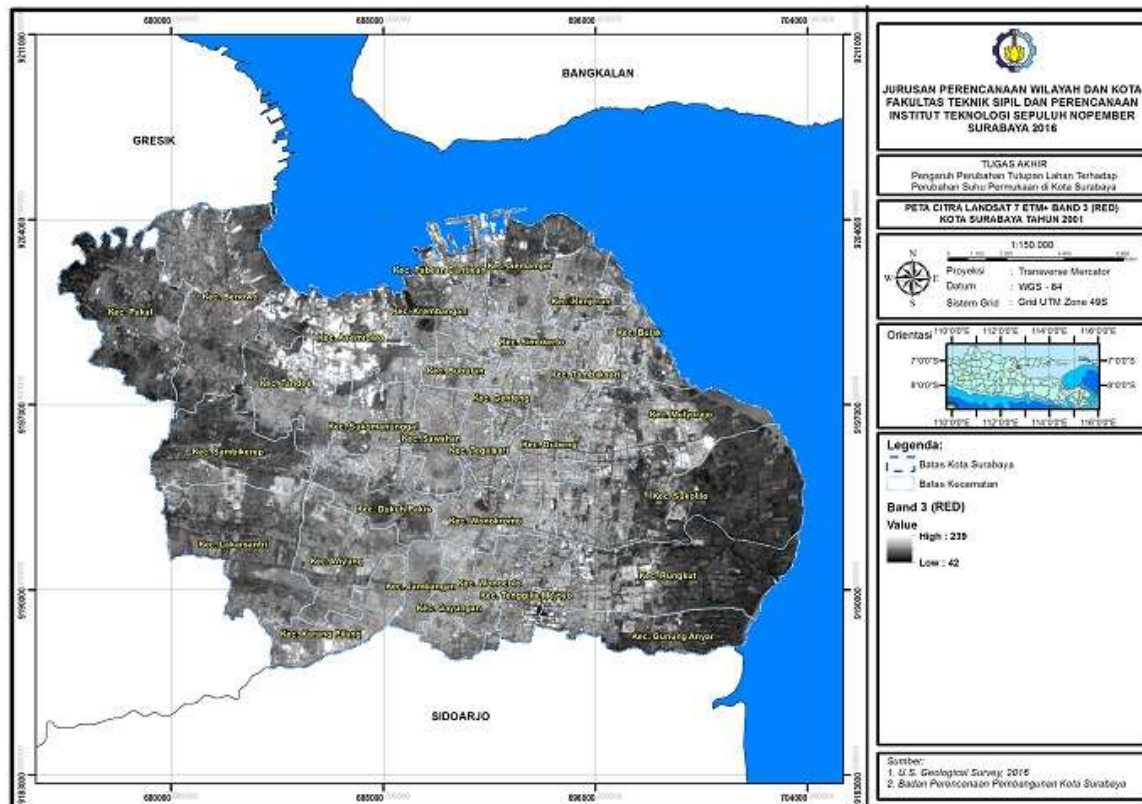
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





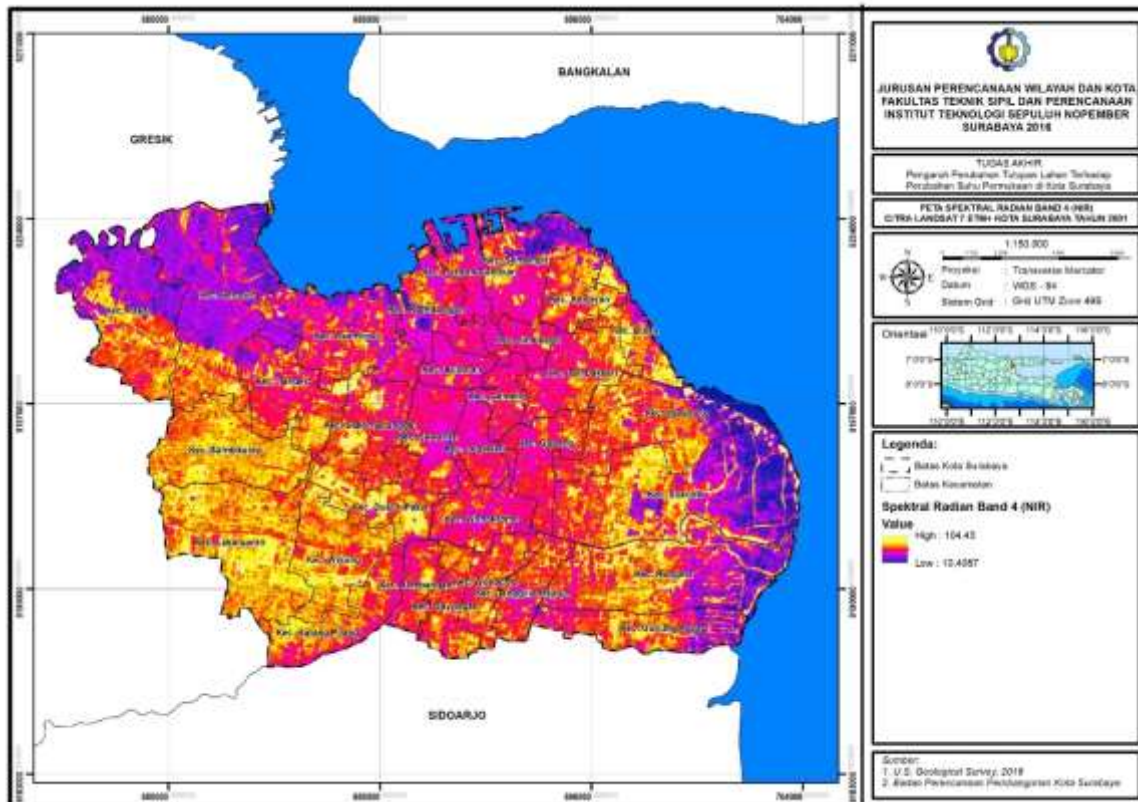
Peta 4.23 Citra Landsat 7 ETM+ Band 4 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



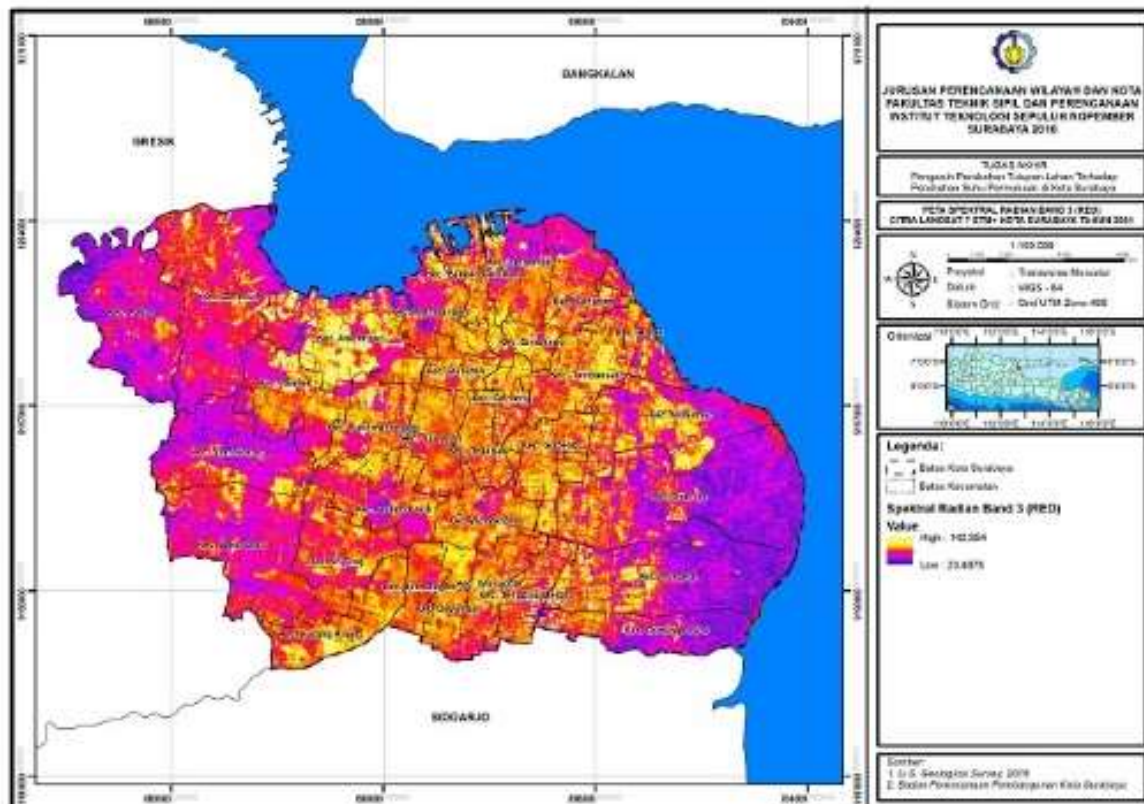
**Peta 4.24** Citra Landsat 7 ETM+ Band 3 (RED) Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.25** Spektral Radian Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

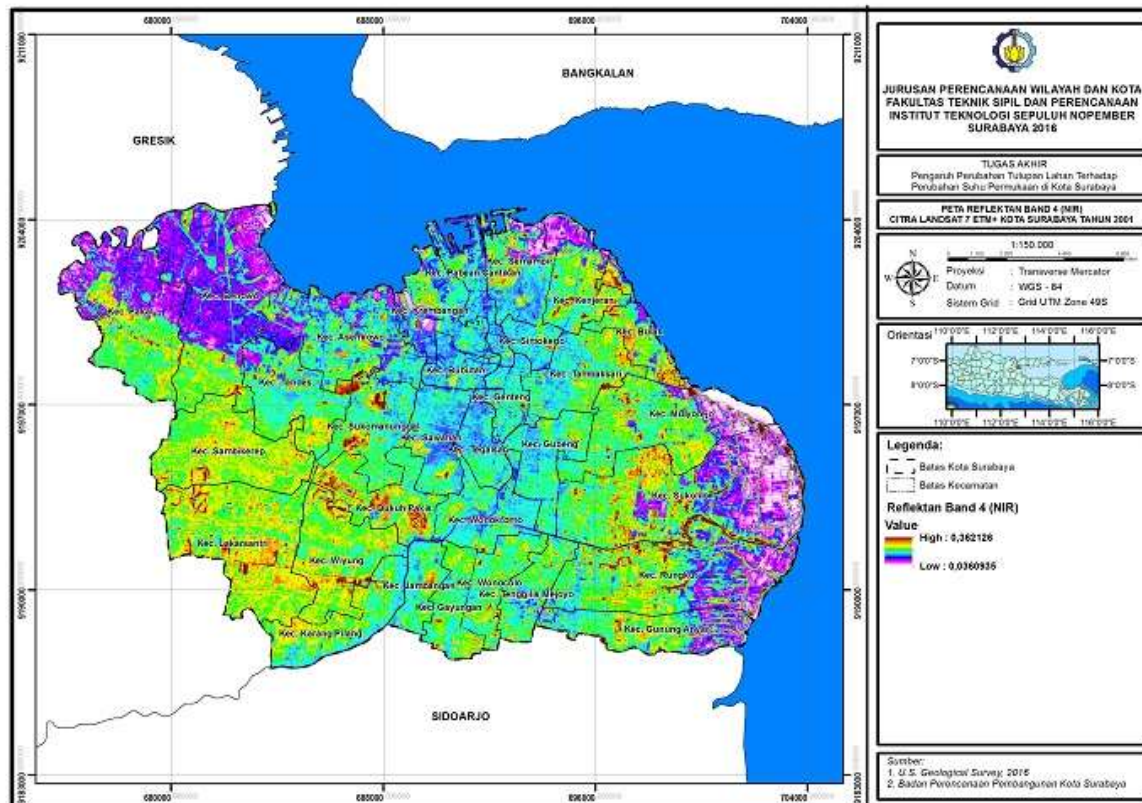
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.26** Spektral Radian Band 3 (RED) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

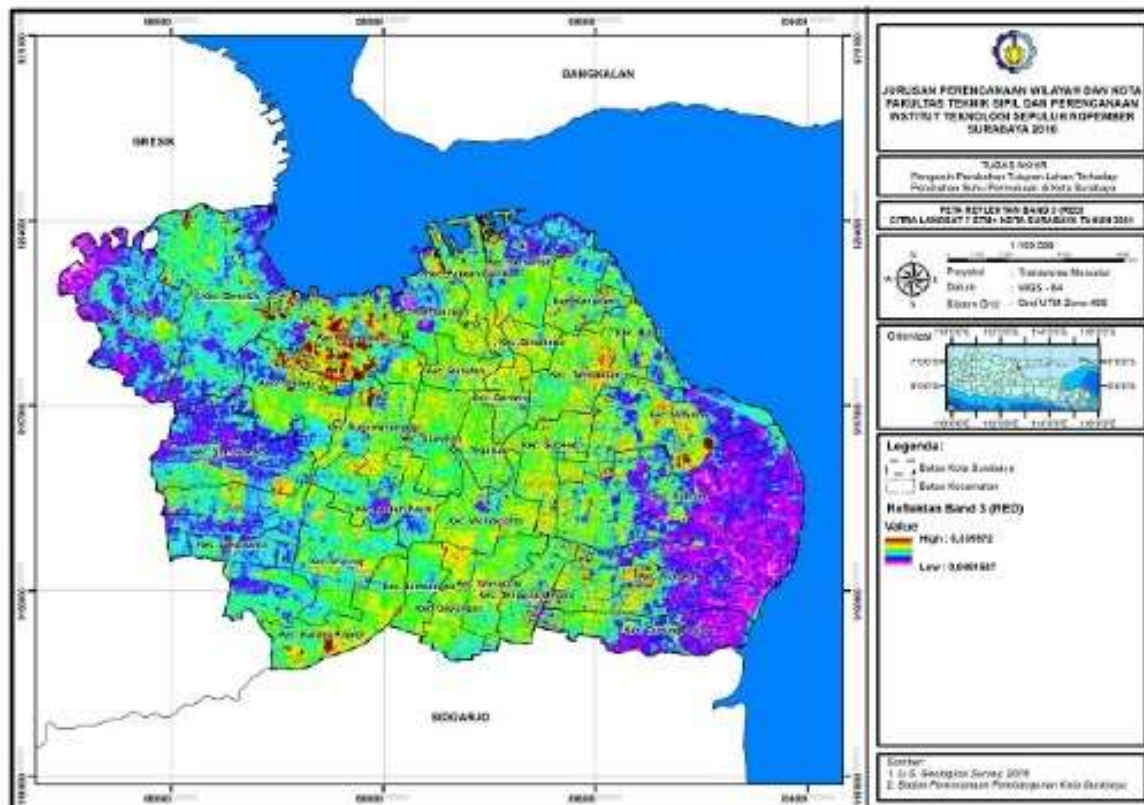
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.27** Reflektan Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.28** Reflektan Band 3 (RED) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



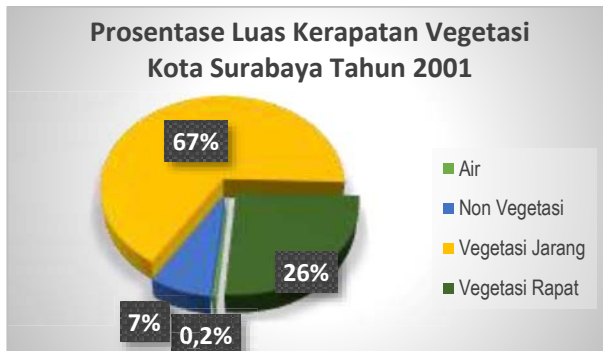
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari pengolahan NDVI Kota Surabaya pada Tahun 2001 diperoleh nilai minimum -0,44 sebesar dan nilai maksimumnya sebesar 0,71, sedangkan nilai rata-ratanya adalah sebesar 0,19. Klasifikasi dilakukan sehingga diperoleh 4 kelas kerapatan vegetasi sebagaimana terlihat pada Tabel 4.5. Dari masing-masing kelas kerapatan vegetasi tersebut selanjutnya dihitung luasannya sehingga dapat diketahui sebaran luasan dari masing-masing kelas.

**Tabel 4.8** Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001

No	Kelas	Kerapatan Vegetasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	I	Air	98,10	0,29
2.	II	Non Vegetasi	2468,70	7,39
3.	III	Vegetasi Jarang	22206,33	66,49
4.	IV	Vegetasi Rapat	8626,05	25,83

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



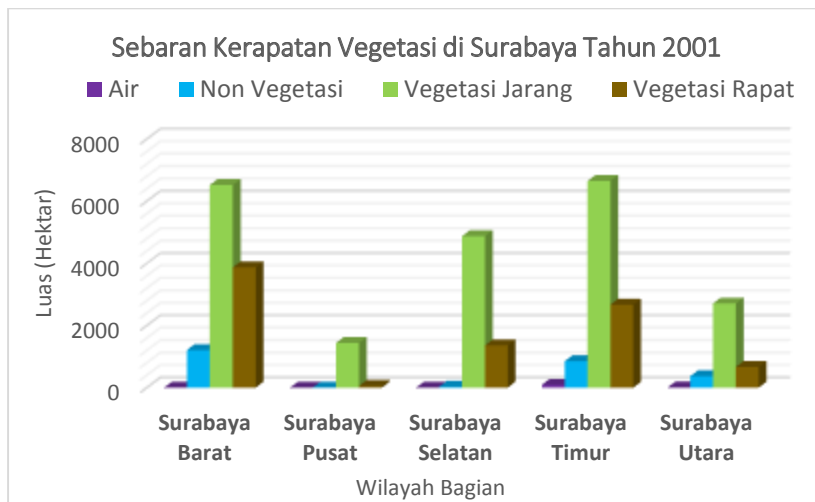
**Gambar 4.17** Persentase Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2001

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.9** Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001

Wilayah Bagian	Kerapatan Vegetasi (Ha)			
	Air	Non Vegetasi	Vegetasi Jarang	Vegetasi Rapat
Surabaya Barat	2,26	1206,79	6521,13	3869,53
Surabaya Pusat	0,00	3,69	1437,27	52,11
Surabaya Selatan	0,00	29,55	4874,24	1355,33
Surabaya Timur	90,10	850,89	6649,13	2669,94
Surabaya Utara	4,02	366,53	2705,71	665,14

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.18** Diagram Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2001

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



Kelas yang pertama ialah Kelas Air. Pada peta kerapatan vegetasi Tahun 2001 kelas ini menggambarkan badan air berupa laut di daerah ujung timur Kecamatan Mulyorejo. Dari hasil klasifikasi NDVI pada Tahun 2001 Kelas Air ( $\text{NDVI} = -1 \text{ s.d } -0,3$ ) terhitung memiliki luas hanya sekitar 98,10 Ha atau sekitar 0,29% dari luas total Kota Surabaya. Persebaran dari kelas ini ialah di bagian timur dari Kecamatan Mulyorejo. Kelas yang kedua adalah Kelas Non Vegetasi ( $\text{NDVI} = -0,3 \text{ s.d } 0$ ) yang memiliki luas sekitar 2468,70. Kelas ini cenderung merupakan wilayah kelas yang sangat jarang ditemukan adanya vegetasi. Tidak menutup kemungkinan badan air berupa tambak, bozem, maupun sungai akan masuk dalam kelas ini. Persebaran dari kelas ini dapat dijumpai pada beberapa wilayah kecamatan, antara lain bagian timur dari Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar; bagian utara Kecamatan Pakal, Benowo, Asemrowo, Krembangan, Semampir, Kenjeran, Pabean Cantikan, dan Kecamatan Bulak. Disamping itu pola berbentuk alur dari ditemui di Kecamatan Wonokromo dan Dukuh Pakis.

Kelas ketiga merupakan Kelas Kerapatan Vegetasi Jarang ( $\text{NDVI} = 0 \text{ s.d } 0,3$ ) dengan luas sekitar 22206,33 Ha. Kerapatan vegetasi dalam kelas ini cenderung berasosiasi dengan rumput, padang, lapangan rumput, bahkan sawah yang mengering atau pasca panen yang memiliki struktur kanopi datar dan kerapatan tajuk jarang. Selain itu, pada kelas ini juga memungkinkan lahan terbangun baik berupa permukiman maupun industri juga termasuk dalam kelas ini. Kelas vegetasi jarang memiliki sebaran luas terbesar daripada kelas lainnya, yaitu sekitar 67 % dari luas total Kota Surabaya. Pola sebaran

dari kelas ini cenderung memusat ke bagian tengah wilayah Kota Surabaya. Persebaran dari kelas ini dapat ditemui di seluruh kecamatan. Beberapa wilayah yang didominasi luasnya oleh kelas ini, antara lain Kecamatan Pabean Cantian, Simokerto, Bubutan, Genteng, Tambaksari, Sawahan, Tegalsari, Gubeng, Wonokromo, Wonocolo, Gayungan, dan Tenggilis Mejoyo. Namun persebaran kelas ini cukup sedikit ditemui pada beberapa kecamatan seperti Kecamatan Benowo, Pakal, Sambikerep, dan Lakarsantri.

Kelas keempat merupakan kelas dengan tingkat kerapatan tergolong vegetasi rapat ( $NDVI = 0,3 \text{ s.d } 1$ ). Biasanya kelas ini berasosiasi dengan tutupan lahan berupa hutan dan taman kota disamping pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah. Kelas ini memiliki luas sebaran 8626,05 Ha dengan area sebaran yang dibentuk terkonsentrasi pada beberapa wilayah di Kota Surabaya. Persebaran dari kelas ini antara lain dapat ditemui di bagian selatan Kecamatan Pakal, Benowo, Tandes, Sukomanunggal; Kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, Wiyung, dan Dukuh Pakis. Selain itu keberadaan kelas ini membentuk pola region hingga beralur-alur ditemui berada di Kecamatan Gunung Anyar, Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo, Bulak hingga Kenjeran. Sementara di wilayah lainnya keberadaan kelas ini cukup sedikit ditemui dengan pola yang dibentuk berupa titik-titik region dengan luas cakupan wilayah relatif sedikit.

#### 4.2.2.2 Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015

Untuk memperoleh peta kerapatan vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015 dilakukan langkah-langkah yang serupa dengan cara memperoleh peta kerapatan vegetasi Tahun 2001. Data citra landsat band inframerah dekat (band 5) dan band merah (band 4) diubah nilai DN nya menjadi nilai reflektan. Karena citra yang digunakan adalah citra landsat 8 maka pengubahan tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.9) dan persamaan (3.10) tanpa mengubahnya menjadi nilai radian terlebih dahulu.

$$\rho_{\lambda}' = M_p \cdot Q_{cal} + A_p \dots \dots \dots (3.9)$$

dimana,

- $\rho_{\lambda}'$  = *Top of Atmosphere (TOA) Reflektan*  
tanpa koreksi sudut zenith matahari
- $M_p$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)
- $Q_{cal}$  = Nilai piksel citra satelit (DN)
- $A_p$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

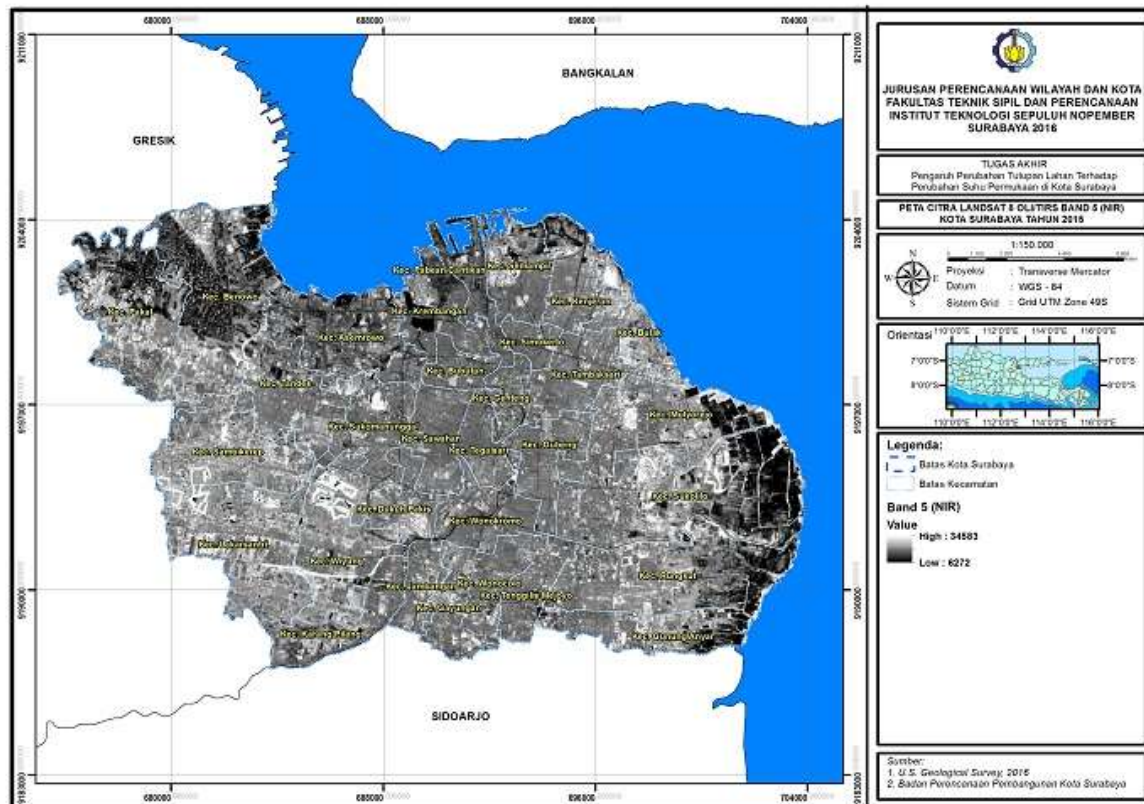
$$\rho_{\lambda} = \rho_{\lambda}' / \sin(\theta_{SE}) \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana,

$\rho_{\lambda}'$  = *Top of Atmosphere* (TOA) Reflektan  
tanpa koreksi sudut zenith matahari

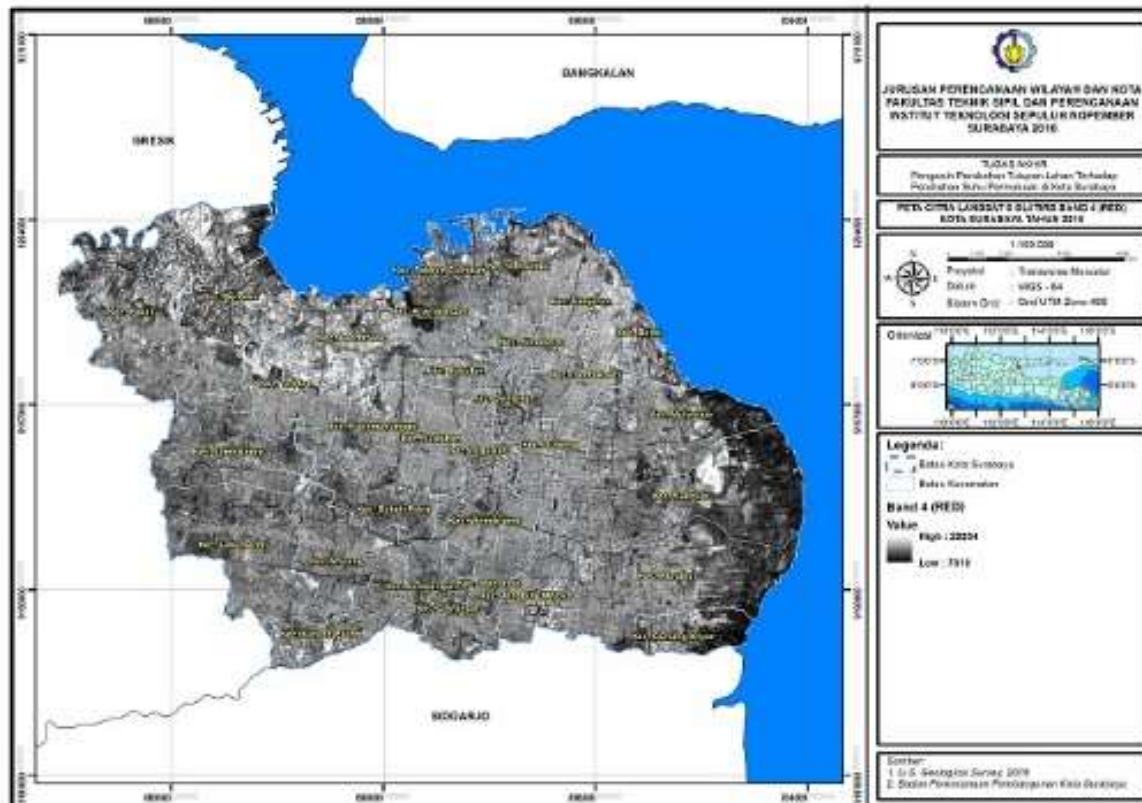
$\theta_{SE}$  = Sudut elevasi matahari (SUN\_  
ELEVATION)

Hasil pengubahan nilai DN menjadi reflektan untuk band inframerah dekat dan band merah citra landsat 8 Tahun 2015 dapat dilihat pada Peta 4.32 dan Peta 4.33. Langkah berikutnya ialah menghitung nilai NDVI dengan persamaan (3.7) dengan nilai reflektan band inframerah dekat dan band merah sebagai inputnya. Pengklasifikasian dilakukan terhadap nilai NDVI sehingga diperoleh 4 kelas kerapatan vegetasi. Peta kerapatan vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015 dapat dilihat pada Peta 4.34.



**Peta 4.30** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 5 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2015

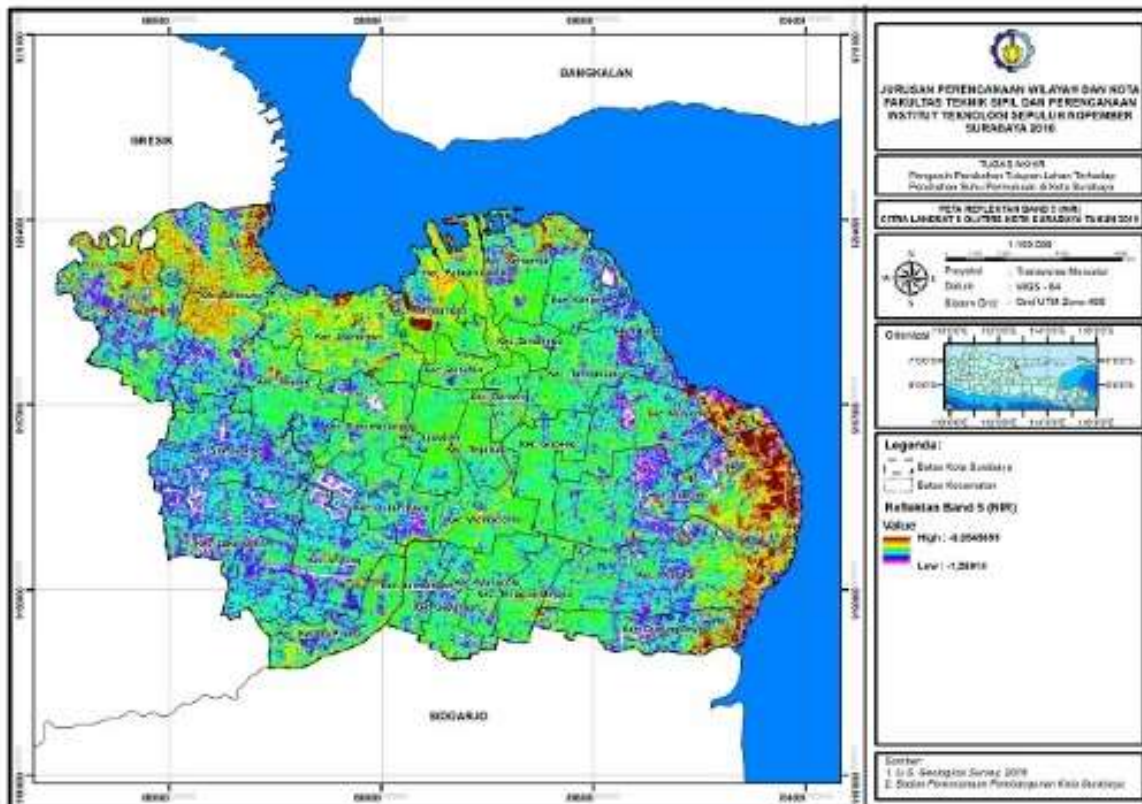
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.31** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 4 (RED) Kota Surabaya Tahun 2015

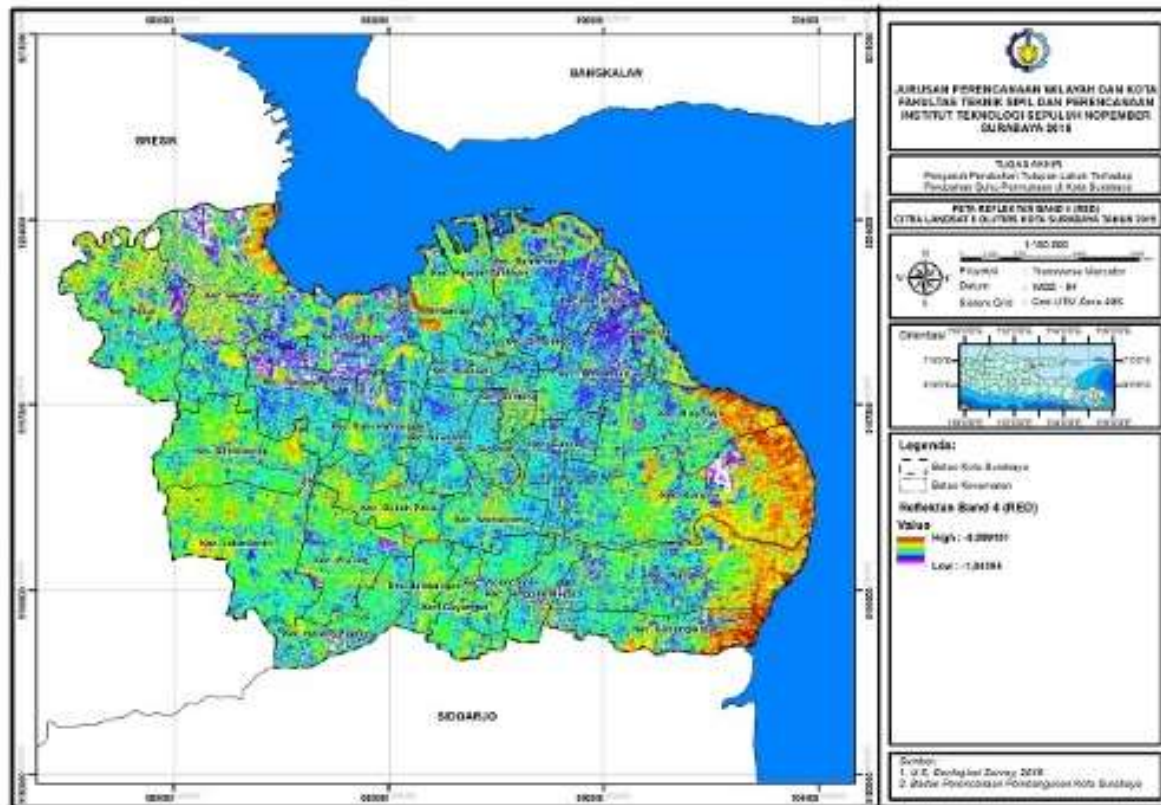
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.32** Reflektan Band 5 (NIR) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.33** Reflektan Band 4 (RED) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



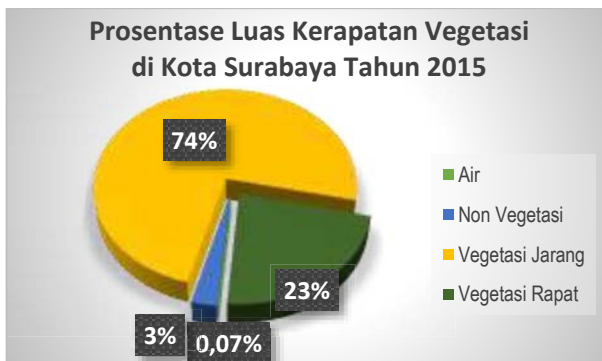
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Berdasarkan hasil pengolahan NDVI Kota Surabaya Tahun 2015 diperoleh nilai NDVI minimum sebesar -0,41 dan NDVI maksimumnya sebesar 0,75, dengan rata-rata nilai sebesar 0,21. Klasifikasi dilakukan sebagaimana klasifikasi NDVI Tahun 2001, yakni terdiri dari 4 kelas kerapatan vegetasi sebagaimana terlihat pada Tabel 4.6. Dari masing-masing kelas kerapatan vegetasi tersebut dihitung luas tiap kelas sehingga dapat diketahui sebaran luasan dari masing-masing kelas di Kota Surabaya Tahun 2015.

**Tabel 4.10** Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015

No	Kelas	Kerapatan Vegetasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	I	Air	23,58	0,07
2.	II	Non Vegetasi	932,40	2,79
3.	III	Vegetasi Jarang	24788,61	74,22
4.	IV	Vegetasi Rapat	7654,50	22,92

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016



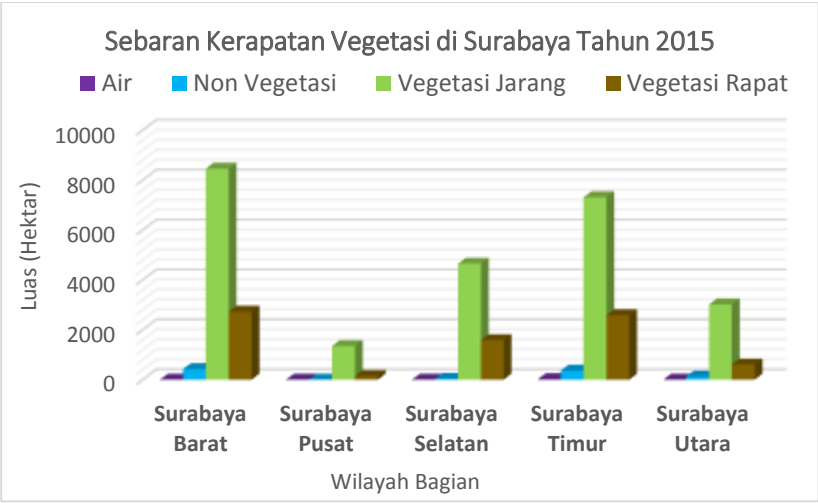
**Gambar 4.19** Persentase Luas Tiap Kelas Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.11** Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015

Wilayah Bagian	Kerapatan Vegetasi (Ha)			
	Air	Non Vegetasi	Vegetasi Jarang	Vegetasi Rapat
Surabaya Barat	4,05	418,50	8453,57	2723,61
Surabaya Pusat	0,00	1,63	1346,91	144,53
Surabaya Selatan	0,18	32,01	4646,43	1580,49
Surabaya Timur	18,14	357,04	7305,51	2579,36
Surabaya Utara	0,89	120,51	3012,31	607,69

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.20** Diagram Luas Sebaran Kerapatan Vegetasi per Wilayah Bagian di Kota Surabaya Tahun 2015

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



Dari hasil klasifikasi kerapatan vegetasi Kota Surabaya Tahun 2015, diketahui Kelas I atau Kelas Air ( $NDVI = -1$  s.d  $-0,3$ ) memiliki luas sebaran terkecil dari kelas lainnya, yaitu hanya sekitar 23,58 Ha. Keberadaan kelas ini juga terbatas pada beberapa tempat saja, seperti di Benowo; bagian timur Kecamatan Mulyorejo dan Sukolilo. Pola yang dibentuk ialah berupa titik region dengan cakupan wilayah yang relatif kecil.

Kelas kedua merupakan Kelas Non Vegetasi ( $NDVI = -0,3$  s.d  $0$ ) dengan luas sebaran sekitar 932,40 atau 3% dari luas Kota Surabaya. Keberadaan kelas ini dapat dijumpai di sepanjang bagian timur dari Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Di wilayah lainnya, keberadaan kelas ini cukup dominan di dijumpai Pakal, Benowo, Asemrowo, Tandes, Krembangan, Semampir, dan Kenjeran. Pola berbentuk garis terlihat ada di Kecamatan Wonokromo, Dukuh Pakis hingga ke Jambangan.

Kelas yang ketiga merupakan Kelas Vegetasi Jarang ( $NDVI = 0$  s.d  $0,3$ ) dengan sebaran luas terbesar daripada kelas lainnya, yaitu sekitar 24788,61 Ha atau 74% dari luas total Kota Surabaya di Tahun 2015. Persebaran dari kelas ini dapat dijumpai di seluruh kecamatan di Surabaya. Wilayah yang dominan ditempati oleh kelas ini antara lain, seperti Kecamatan Pabean Cantikan, Asemrowo, Simokerto, Tambaksari, Sawahan, Tegalsari, dan Gubeng. Sedangkan wilayah yang cukup jarang dijumpai keberadaannya, antara lain di Kecamatan Pakal, Sambikerep, Lakarsantri, Wiyung, Dukuh Pakis, Bulak, Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Pola yang dibentuk oleh kelas ini ialah pola region dengan cakupan wilayah yang luas.

Kelas keempat merupakan Kelas dengan kerapatan vegetasi tergolong rapat ( $NDVI = 0,3 \text{ s.d } 1$ ). Kelas ini memiliki luas sebaran terbesar kedua setelah Kelas III, yaitu sekitar 7654,50 Ha atau 23% dari luas total Kota Surabaya. Pola sebaran yang dibentuk oleh kelas ini bervariasi mulai dari berupa region, alur, hingga titik-titik region dengan lingkup yang kecil. Pola region yang cukup besar dijumpai terutama berada di Kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, Wiyung, Dukuh Pakis, dan Sukolilo. Sementara pola beralur dijumpai terutama pada bagian timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Di daerah pusat kota pola ini juga cukup terlihat seperti di Kecamatan Tegalsari menuju Kecamatan Wonokromo.

#### **4.2.2.3 Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya**

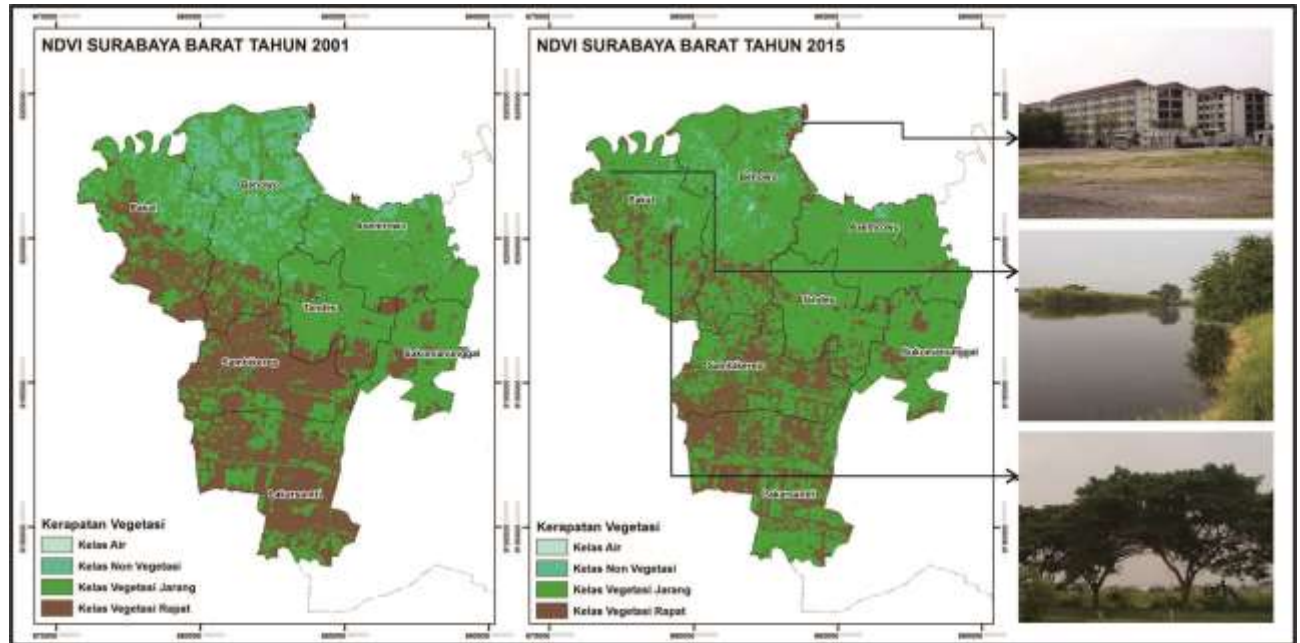
Perubahan kerapatan vegetasi dapat diidentifikasi salah satunya dengan perubahan luas yang terjadi pada tiap kelas kerapatan vegetasi. Pada Gambar 4.21 disajikan grafik perubahan tingkat kerapatan vegetasi di Kota Surabaya Tahun 2001 dibandingkan dengan Tahun 2015.



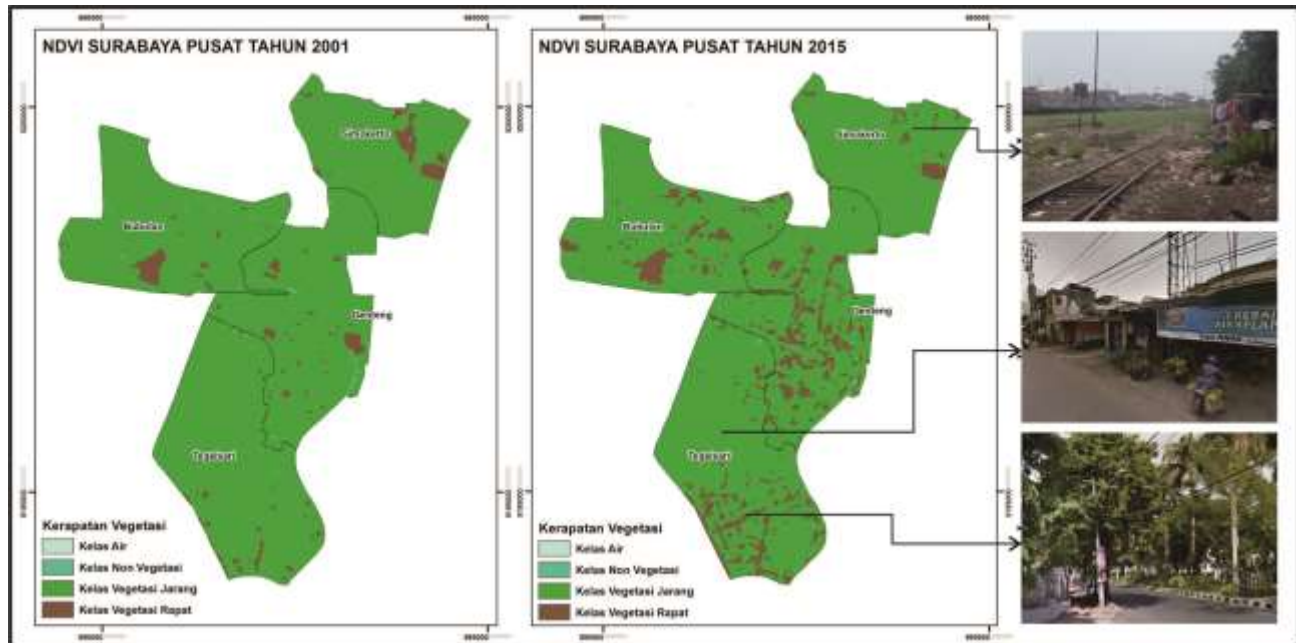
**Gambar 4.21** Grafik Perbandingan Luas Tingkat Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya  
Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Dibandingkan Tahun 2001 Kelas Air mengalami penurunan sekitar 74,52 Ha di Tahun 2015. Demikian halnya dengan Kelas Air, Kelas Non Vegetasi juga mengalami penurunan luasan yakni sekitar 1526,30 Ha. Peningkatan justru terjadi pada Kelas Vegetasi Jarang dimana pada Tahun 2015 kelas ini mengalami peningkatan sebesar 2582,28 Ha. Sedangkan Kelas Vegetasi Rapat mengalami penurunan luas sekitar 971,55 Ha.

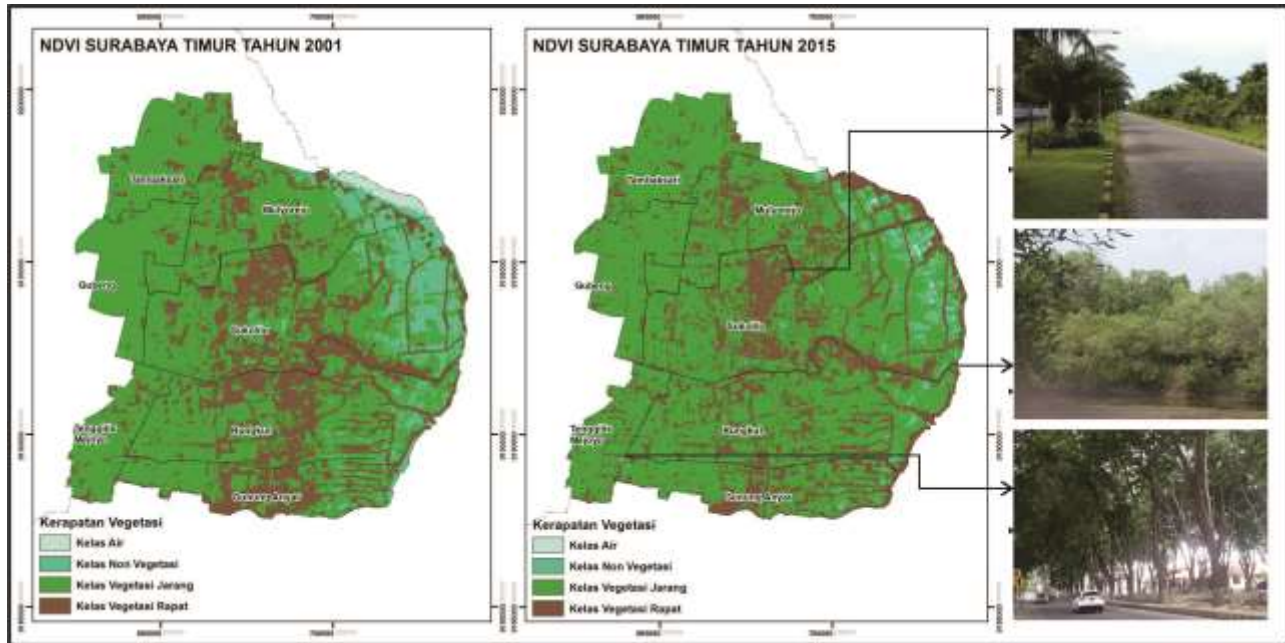
Disamping ditinjau dari perubahan luas tiap kelasnya, perubahan tersebut juga dapat ditinjau berdasarkan sebaran kerapatan vegetasi pada suatu wilayah. Pada beberapa tempat tertentu di Kota Surabaya telah terjadi perubahan sebaran tingkat kerapatan vegetasi. Berikut ini disajikan beberapa gambar tingkat kerapatan vegetasi di beberapa wilayah Kota Surabaya pada tahun 2001 dan 2015.



**Gambar 4.22** Kerapatan Vegetasi di Surabaya Barat  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.23** Kerapatan Vegetasi di Surabaya Pusat  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.24** Kerapatan Vegetasi di Surabaya Timur  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Kerapatan vegetasi di Tahun 2001 dibandingkan dengan Tahun 2015 misalnya di Surabaya Pusat, yaitu Kecamatan Tegalsari terlihat adanya penambahan luasan kerapatan vegetasi (Kelas IV) yang berbentuk linear dan titik-titik region di bagian selatan. Pada wilayah Surabaya Barat, seperti Kecamatan Benowo terlihat terjadi pengurangan luas kerapatan Kelas Non Vegetasi dan disisi lain terjadi penambahan luas Kelas Vegetasi Jarang. Sedangkan di wilayah bagian timur Surabaya, misalnya Kecamatan Sukolilo terlihat secara visual terjadi pengurangan luas yang cukup signifikan pada Kelas Non Vegetasi dan Kelas Vegetasi Rapat pada Tahun 2015 dibandingkan dengan Tahun 2001.

#### **4.2.3 Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015**

##### **4.2.3.1 Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001**

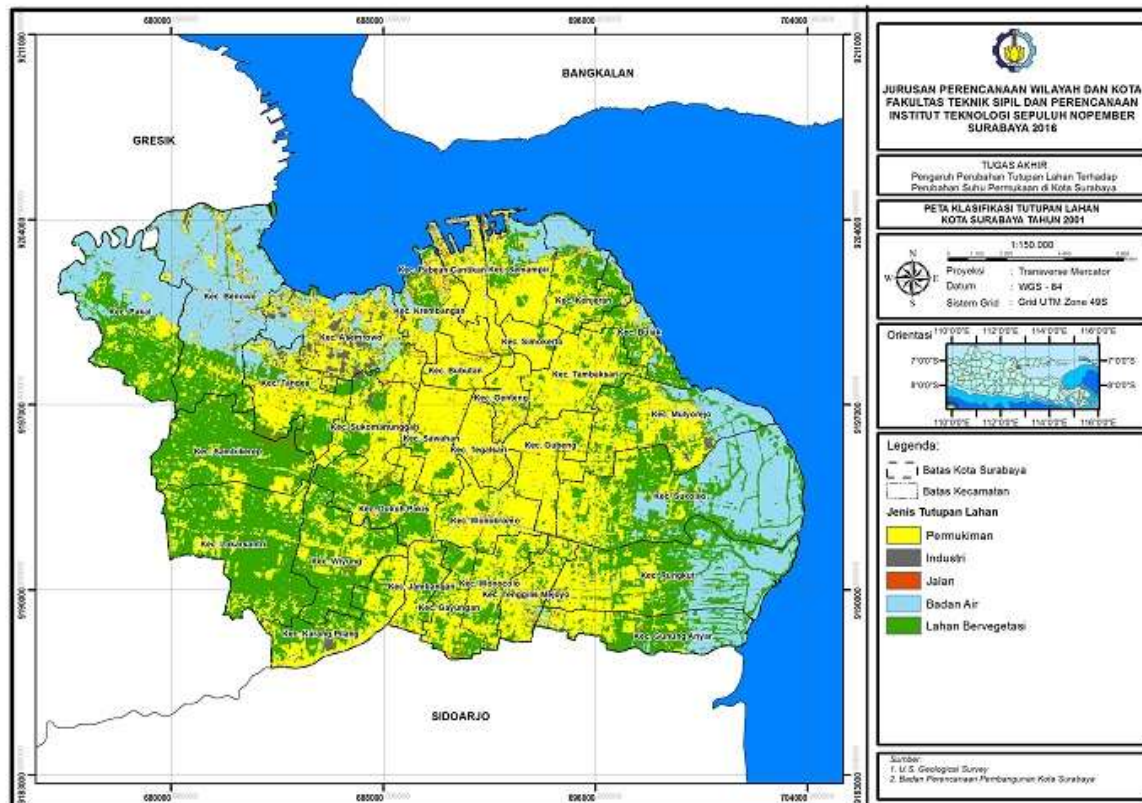
Klasifikasi jenis tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001 menggunakan metode *maximum likelihood classification*. Untuk dapat menggunakan metode tersebut, diperlukan training sampel sebagai dasar pengklasifikasian jenis tutupan lahan pada peta citra landsat. Dalam hal pengambilan training sampel, tidak ada kaidah khusus yang menyatakan jumlah minimum ataupun maksimum training sampel yang harus digunakan. Training sampel yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah berbasis piksel. Adapun pada penelitian ini digunakan 400 titik training sampel di Kota Surabaya untuk klasifikasi tutupan lahan Tahun 2001. Titik-titik training sampel yang diambil, menyesuaikan dengan kondisi eksisting Kota Surabaya Tahun 2001. Sebaran titik training sampel tersebut dapat dilihat pada Peta 4.35.

Klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001 memanfaatkan citra landsat 7 dengan kombinasi band RGB 3-2-1 yang menggambarkan rona yang sesungguhnya terlihat oleh mata (*true colour*). Pembagian kelas pada klasifikasi Tahun 2001 dibagi menjadi 5 kelas, antara lain: permukiman, industri, jalan, badan air, dan lahan bervegetasi. Hasil klasifikasi jenis tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001 ditunjukkan pada Peta 4.36.



**Peta 4.35** Training Sampel Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.36** Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001

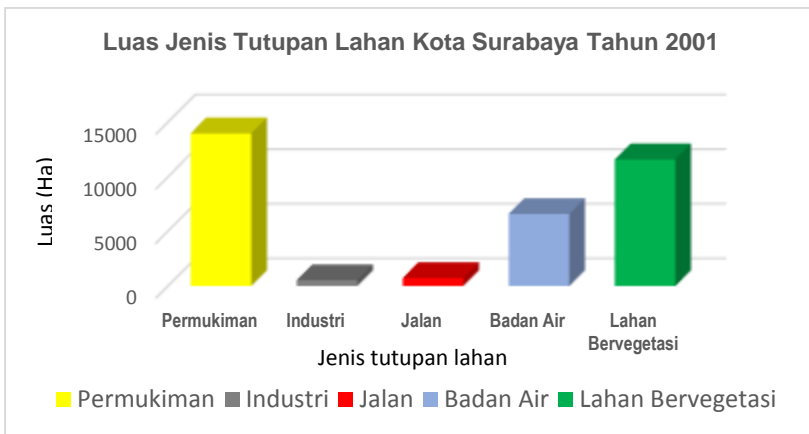
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari peta hasil klasifikasi tutupan lahan, selain dapat diketahui sebaran dari masing-masing kelas tutupan lahan, juga dapat dihitung luas sebaran tiap kelas tutupan lahan. Tabel 4.7 menyajikan hasil rekapitulasi luas sebaran tiap kelas penutup lahan Kota Surabaya di Tahun 2001.

**Tabel 4.12** Luas Sebaran Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001

No	Kelas Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Permukiman	12247,74	36,67
2.	Industri	1650,42	4,94
3.	Jalan	2408,40	7,21
4.	Badan Air	7722,54	23,12
5.	Lahan Bervegetasi	9370,08	28,05

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016



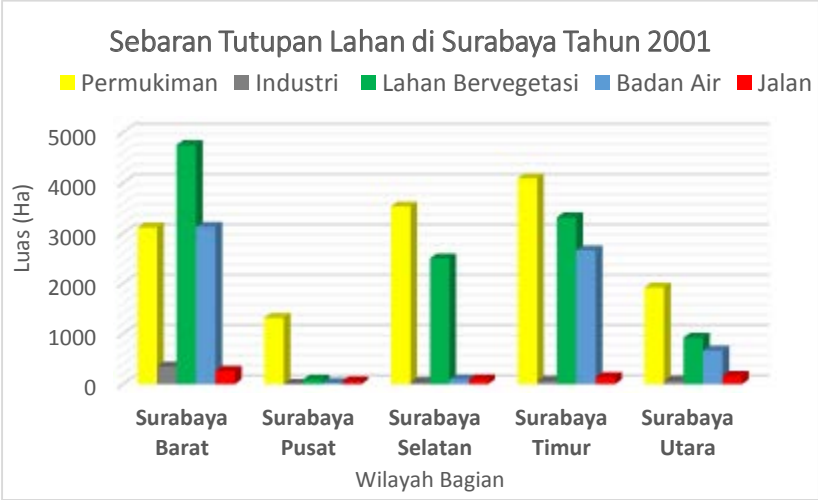
**Gambar 4.25** Diagram Perbandingan Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.13** Luas Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001

Wilayah Bagian	Jenis Tutupan Lahan (Ha)				
	Permukiman	Industri	Lahan Bervegetasi	Badan Air	Jalan
Surabaya Barat	3113,23	348,09	4748,57	3124,61	265,24
Surabaya Pusat	1315,21	6,33	90,50	26,45	54,57
Surabaya Selatan	3530,74	36,82	2499,40	96,14	96,01
Surabaya Timur	4089,65	63,27	3312,61	2657,30	137,22
Surabaya Utara	1921,06	67,19	922,72	665,76	164,67

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.26** Diagram Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2001  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Kelas tutupan lahan permukiman merupakan kelas yang luas sebarannya mendominasi di Kota Surabaya. Luas dari kelas ini mencapai 36% atau sekitar  $\frac{1}{3}$  dari keseluruhan luas total Kota Surabaya. Keberadaan dari kelas ini dapat dijumpai di seluruh kecamatan di Surabaya. Kelas ini terlihat mendominasi terutama semakin menuju ke arah pusat Kota Surabaya, seperti di Kecamatan Simokerto, Tambaksari, Pabean Cantikan, Genteng, Bubutan, Gubeng, Wonokromo, Sawahan, Wonocolo, Tenggilis Mejoyo. Selain di kecamatan-kecamatan tersebut, pola cukup mendominasi juga terlihat, seperti di sebelah barat Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar, dan sebelah selatan Kecamatan Semampir. Sebaliknya, kelas ini keberadaannya semakin sedikit dijumpai apabila semakin menuju ke arah luar kota, seperti di bagian timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, Gunung Anyar, sebelah utara kecamatan Asemrowo, Benowo, Pakal, Semampir, dan Kenjeran.

Disamping kelas tutupan lahan permukiman, terdapat kelas tutupan lahan berupa industri. Kelas ini memiliki luas sebaran sekitar 5% dari luas Kota Surabaya. Apabila dilihat pada peta, keberadaan kelas industri cenderung mengelompok pada wilayah-wilayah tertentu, seperti yang dijumpai di Kecamatan Asemrowo, membentuk pola yang sangat dominan dibanding wilayah lainnya. Sementara di Kecamatan lainnya pola cukup terlihat dapat dijumpai di Kecamatan Tandes, Sukomanunggal, Karang Pilang, Mulyorejo, perbatasan antara Kecamatan Rungkut, Tenggilis Mejoyo dan Gunung Anyar. Disamping wilayah tersebut, kelas ini juga dijumpai di kecamatan-kecamatan lainnya namun dalam luasan yang relatif kecil, misalnya di Kecamatan Benowo.

Dari hasil perhitungan luas kelas tutupan lahan, kelas tutupan lahan berupa jalan memiliki luas sekitar 7,21%. Kelas jalan ini merupakan dengan tipe penutup lahan berupa aspal maupun beton. Keberadaan kelas ini dapat dijumpai membentuk pola beralur di antara kelas penutup lahan lainnya, seperti permukiman dan industri.

Kelas tutupan lahan berupa badan air mempunyai luas sebaran terbesar ketiga setelah kelas lahan bervegetasi. Dengan luas sebaran kurang lebih 7722,54 Ha, kelas ini menempati kurang lebih 23,12% dari luas Kota Surabaya pada Tahun 2001. Kelas badan air merupakan kelas dengan tipe penutup lahan berupa tambak, sungai, bozem, dan air permukaan lainnya. Keberadaan dari kelas ini membentuk pola region atau zona yang luas terutama di wilayah Surabaya Timur, yaitu di bagian timur Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Pola serupa juga tampak terlihat di bagian utara Kecamatan Pakal, Benowo, Asemrowo, Semampir, dan Kenjeran. Sementara itu pola beralur dari kelas ini terlihat melintas dari Surabaya Utara menuju hingga bagian selatan Kota Surabaya. Sementara pola titik region dengan luas cakupan yang relatif kecil dijumpai tersebar di beberapa kecamatan lainnya.

Kelas lahan bervegetasi memiliki luas sebaran yang terluas kedua setelah permukiman. Sekitar 28,05% atau 9370,08 Ha dari luas Kota Surabaya ditempati oleh kelas ini. Karakteristik sebaran dari kelas ini ialah semakin ke arah luar kota maka semakin banyak ditemui, seperti di wilayah Surabaya Barat, Surabaya Selatan, dan Surabaya Timur. Pola region yang relatif luas dari kelas ini dapat ditemui di Kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, Dukuh Pakis, Wiyung, dan Karang Pilang. Selain itu, kelas lahan bervegetasi juga membentuk pola beralur di antara kelas tambak sebagaimana terlihat pada bagian timur Surabaya Timur, seperti Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut,



dan Gunung Anyar. Pola beralur juga terlihat di antara kelas permukiman, seperti yang terlihat di Kecamatan Tegalsari, Gubeng, Wonokromo, serta Sukomanunggal.

#### **4.2.3.2 Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015**

Sebagaimana halnya klasifikasi tutupan lahan Tahun 2001, klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015 dari citra landsat 8 OLI/TIRS juga dilakukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood classification*. Training sampel yang diambil juga berupa piksel, sejumlah 400 piksel sampel. Pada metode ini, data citra landsat yang dimanfaatkan adalah citra landsat 8 komposit dari band *Red*, *Green*, dan *Blue* dengan kombinasi band yang digunakan adalah RGB 4-3-2 yang menggambarkan rona sesungguhnya (*true colour*). Hasil klasifikasi jenis tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015 dapat dilihat pada Peta 4.38.

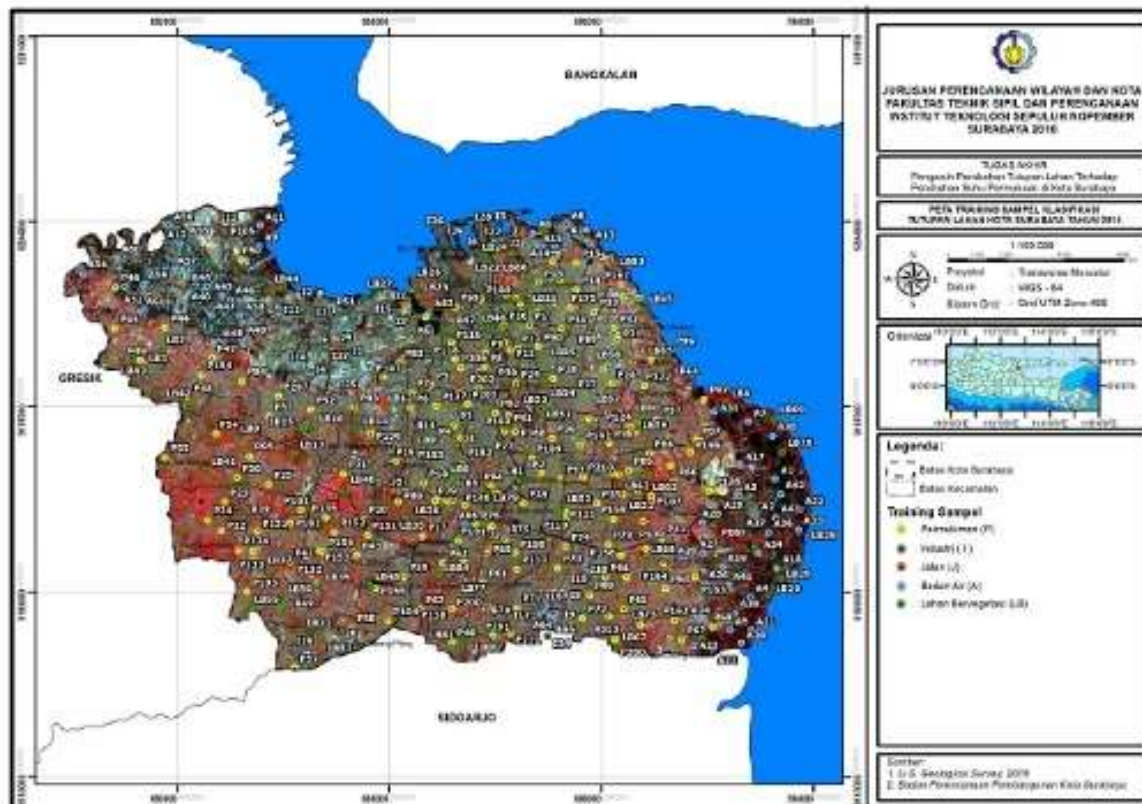
Verifikasi hasil klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan melakukan survei jenis tutupan lahan di Kota Surabaya. Kegiatan survei dilakukan selama bulan Maret dan April Tahun 2016. Adapun jumlah sampel secara keseluruhan adalah 100 sampel. Jumlah tersebut merupakan jumlah sampel yang diambil dari jumlah populasi, yaitu 371.102 dengan tingkat error 10% ( $\alpha = 0,1$ ). Sampel tersebut terbagi dalam berbagai jenis tutupan lahan yang meliputi 50 sampel permukiman, 3 sampel industri, 26 sampel lahan bervegetasi, 16 sampel badan air, dan 5 sampel jalan. Tingkat keakurasian hasil klasifikasi diukur dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{\text{Jumlah Sampel Benar}}{\text{Total Pengambilan Sampel}} \times 100\%$$

Dari sejumlah 100 sampel yang telah diambil, didapatkan 84 sampel memiliki jenis tutupan lahan yang telah sesuai dengan jenis tutupan lahan eksisting. Sedangkan 16 sampel lainnya memiliki jenis tutupan lahan yang tidak sesuai dengan kondisi eksisting. Sehingga tingkat akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015 dapat dihitung sebagai berikut.

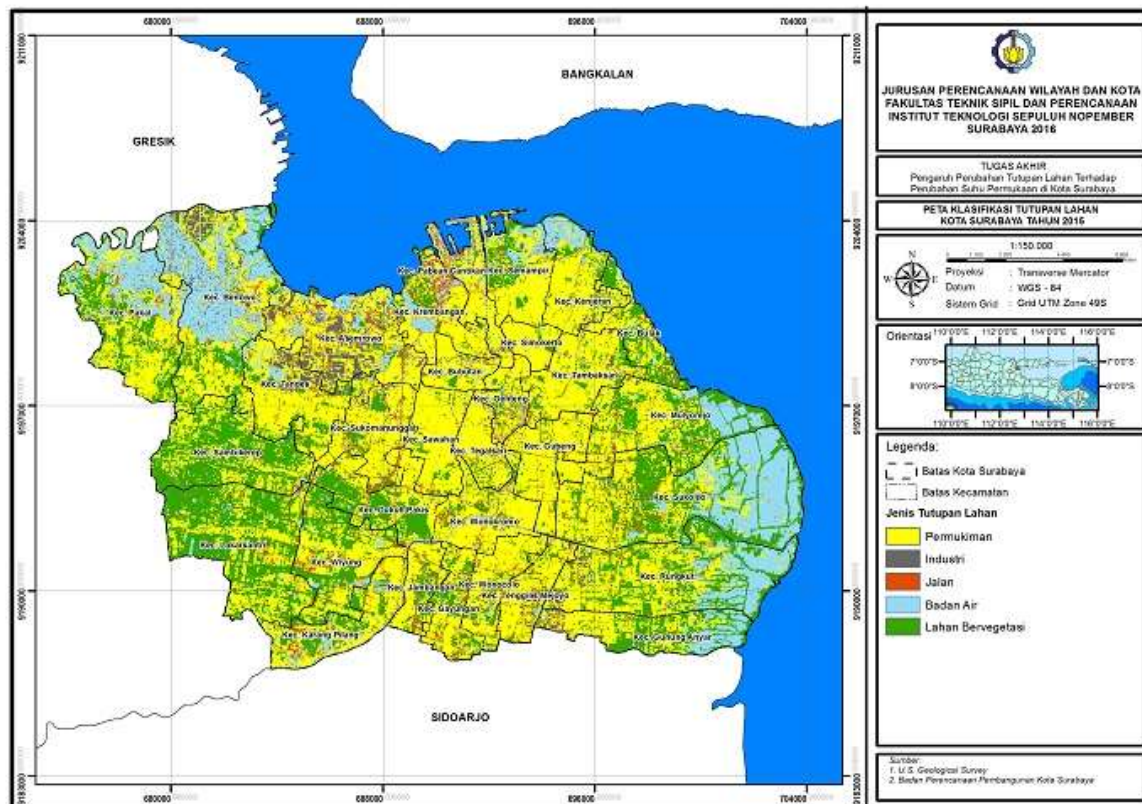
$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{84}{100} \times 100\% = 84 \%$$

Dengan tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 84 %, artinya hasil klasifikasi tutupan lahan dari citra landsat Kota Surabaya dapat menggambarkan kondisi eksisting tutupan lahan Kota Surabaya sebesar 84% di Tahun 2015. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode ini dinilai cukup akurat dalam menggambarkan jenis tutupan lahan di Kota Surabaya di Tahun 2015. Hasil dari uji akurasi ini mendasari penggunaan metode serupa juga digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001. Sebab tidak dimungkinkannya dilakukan survei lapangan untuk uji akurasi klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001. Pada Peta 4.39 dapat dilihat sebaran lokasi sampel yang telah disurvei.



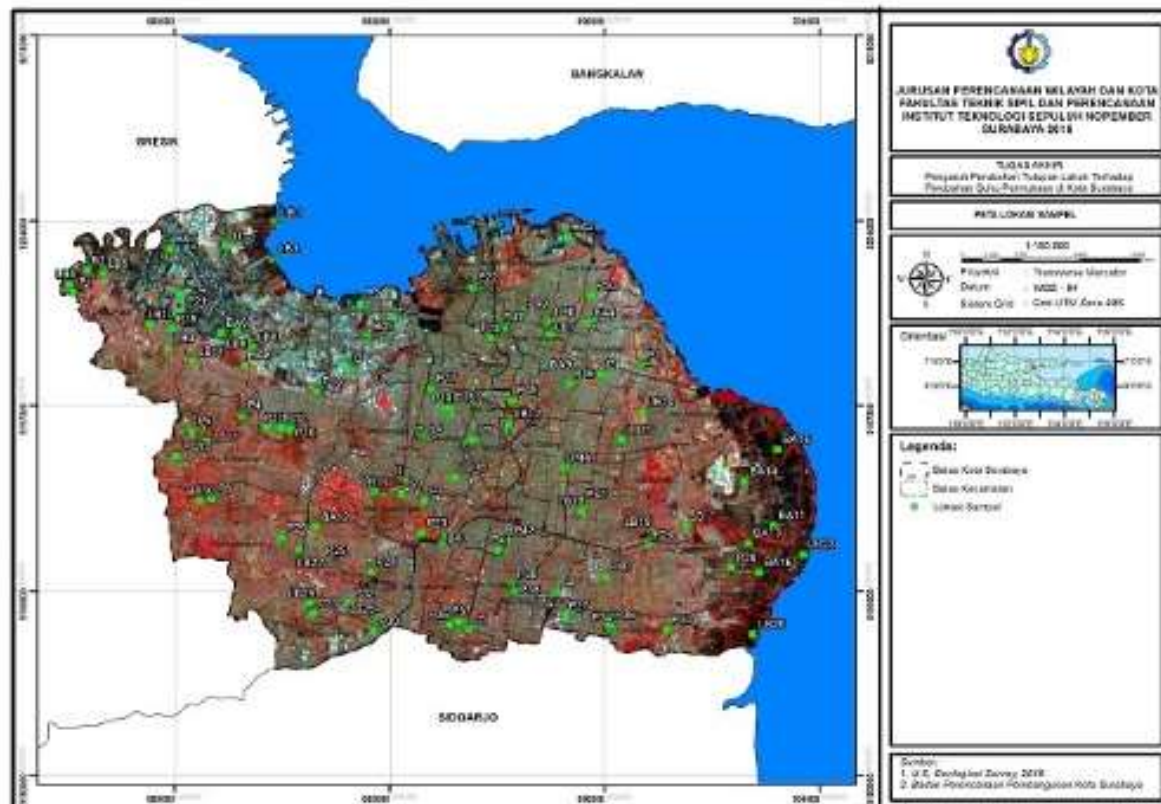
**Peta 4.37** Training Sampel Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.38** Klasifikasi Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Peta 4.39 Lokasi Sampel

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

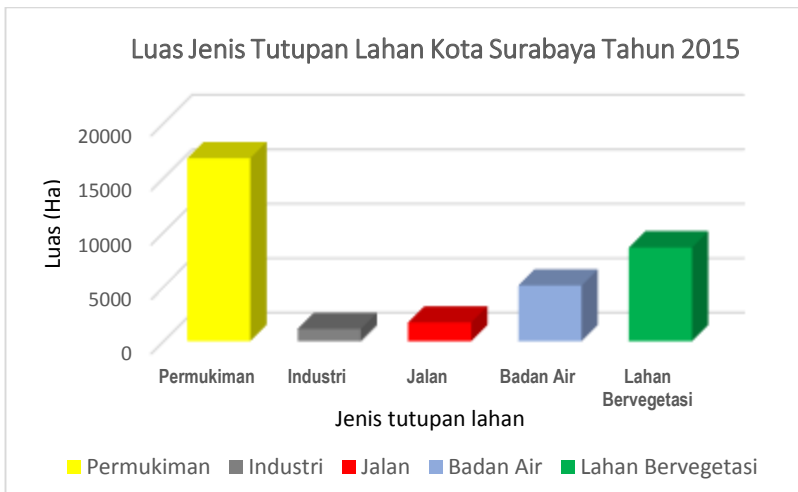


Dari hasil klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015 selanjutnya dilakukan perhitungan luasan dari masing-masing kelas tutupan lahan. Hasil rekapitulasi luas kelas tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015 terlihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.14** Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015

No	Kelas Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Permukiman	16803,90	50,31
2.	Industri	1127,97	3,38
3.	Jalan	1723,32	5,16
4.	Badan Air	5125,50	15,35
5.	Lahan Bervegetasi	8618,49	25,80

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016



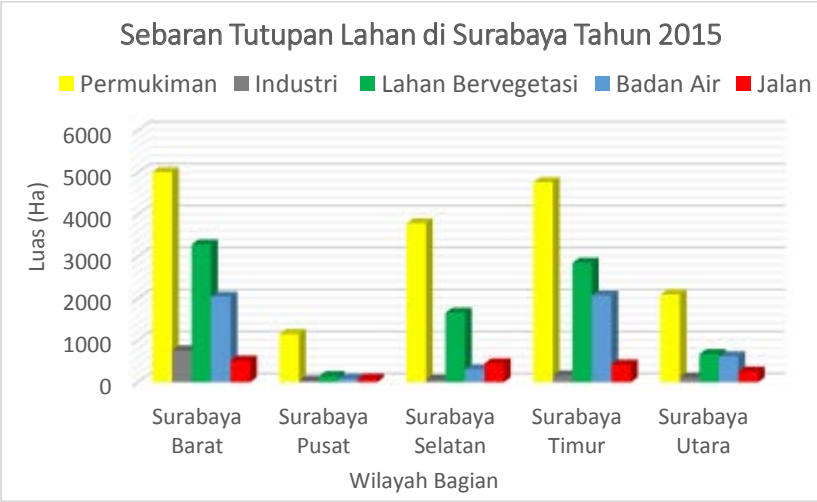
**Gambar 4.27** Diagram Perbandingan Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2015

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**Tabel 4.15** Luas Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015

Wilayah Bagian	Jenis Tutupan Lahan (Ha)				
	Permukiman	Industri	Lahan Bervegetasi	Badan Air	Jalan
Surabaya Barat	5008,60	756,59	3282,02	2038,76	513,75
Surabaya Pusat	1146,81	34,94	141,63	85,08	84,62
Surabaya Selatan	3784,90	60,73	1654,73	308,30	450,43
Surabaya Timur	4767,46	159,25	2849,02	2064,91	419,45
Surabaya Utara	2087,56	115,29	671,28	614,72	252,55

Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.28** Diagram Sebaran Tutupan Lahan per Wilayah Bagian Kota Surabaya Tahun 2015  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2015, kelas permukiman memiliki sebaran luas terbesar diantara kelas penutup lahan lainnya. Luas sebaran dari kelas permukiman mencapai 50,31% atau 1/2 dari luas Kota Surabaya di Tahun 2015. Kelas permukiman ini terdiri dari berbagai macam tipe penggunaan lahan, seperti perumahan, perdagangan dan jasa, serta area terbangun dari fasilitas umum, seperti perkantoran, fasilitas kesehatan, pendidikan, dan peribadatan. Keberadaanya dapat dijumpai di semua bagian wilayah Kota Surabaya, membentuk pola yang semakin masif bila semakin menuju ke arah pusat kota. Sebaliknya pola tersebut terlihat semakin jarang, dari berupa region yang luas hingga berupa titik-titik region bila semakin menuju ke arah luar Kota Surabaya. Pola yang relatif masif terlihat dari bagian utara menuju ke tengah hingga ke selatan kota, seperti di Kecamatan Bubutan, Simokerto, Tambaksari, Sawahan, Tegalsari, Gubeng, Wonokromo, Wonocolo, dan Tenggilis Mejoyo. Selain itu, pola linier cukup terlihat di Kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, dan Wiyung.

Kelas tutupan lahan yang memiliki luas sebaran terkecil dibanding kelas-kelas lainnya ialah kelas tutupan lahan berupa industri. Luas sebaran dari kelas industri hanya sekitar 3,38% dari luas Kota Surabaya. Karakteristik sebaran dari kelas ini sebagian besar ialah cenderung berkelompok pada suatu wilayah, sementara sebagian kecil luasan tersebar di beberapa wilayah. Konsentrasi dari kelas industri dapat dijumpai terutama di Kecamatan Asemrowo, Benowo, serta perbatasan antara Kecamatan Rungkut, Gunung Anyar, dan Tenggilis Mejoyo. Sementara di kecamatan lain dapat ditemui keberadaan dari

kelas industri dengan luasan yang relatif kecil, yaitu di Kecamatan Karang Pilang, Sukomanunggal, Tambaksari, Bubutan, serta Kenjeran.

Kelas jalan dengan tipe permukaan berupa aspal ataupun beton memiliki luas sebaran 1723,32 Ha atau 5,16%. Seperti halnya kelas industri, kelas jalan juga merupakan kelas yang relatif kecil dibanding kelas lainnya. Pola yang terbentuk dari kelas jalan ialah berupa pola beralur, sebagaimana terlihat di Kecamatan Asemrowo pola tersebut tampak diantara kelas industri. Selain itu, pola tersebut juga terlihat diantara kelas permukiman, seperti yang tampak di bagian timur Kecamatan Asemrowo yang melintas ke arah Sukomanunggal, Sawahan, Dukuh Pakis, hingga ke Kecamatan Jambangan. Pola yang serupa juga terlihat samar-samar di kecamatan lainnya di antara kelas permukiman.

Kelas badan air menempati urutan luas terbesar ketiga setelah kelas lahan bervegetasi. Dengan tipe permukaan lahan berupa tambak, sungai, bozem, dan permukaan berupa air lainnya, kelas badan air mempunyai luas total kurang lebih 5125,50 Ha atau sekitar 15,35%. Terlihat pada peta beberapa pola dibentuk oleh kelas badan air, baik berupa titik region, alur hingga region yang luas. Pola beralur-alur dibentuk oleh tipe permukaan berupa sungai, sebagaimana terlihat pada Kecamatan Pabean Cantikan yang membentuk alur menuju Kecamatan Bubutan, Genteng, Gubeng, Wonokromo Dukuh Pakis, hingga Karang Pilang. Pola titik region yang terbentuk, seperti di Kecamatan Krembangan serta Tenggilis Mejoyo merupakan pola yang dibentuk oleh badan air berupa bozem. Sementara pola hamparan yang luas dibentuk oleh tipe badan air

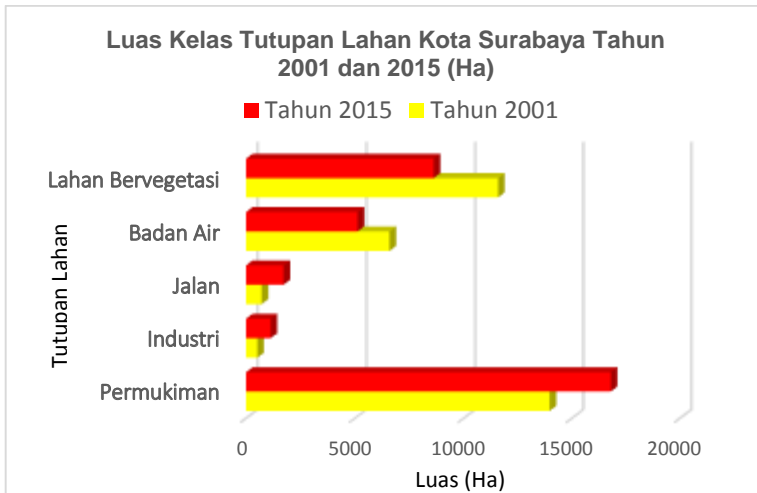
berupa tambak yang sebagian besar dapat dijumpai di bagian timur Kecamatan Gunung Anyar, Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo, Bulak, Kenjeran, Semampir, Asemrowo, Benowo, dan Pakal.

Kelas lahan bervegetasi memiliki luas sebaran terbesar kedua setelah kelas permukiman. Dengan luas kurang lebih 8618,49 Ha atau  $\frac{1}{4}$  dari luas Kota Surabaya, kelas ini memiliki area persebaran yang beragam, mulai dari berupa titik region, alur, hingga berupa daerah hamparan yang relatif luas. Dari hasil survei lapangan di bagian pesisir Kota Surabaya, keberadaan kelas ini dijumpai berupa kelompok tumbuhan mangrove, seperti yang terlihat di bagian timur Kecamatan Gunung Anyar, Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo, Bulak, bagian utara Kenjeran, Semampir, Krembangan, Asemrowo, dan Benowo. Di daerah perkotaan keberadaan kelas ini juga dijumpai membentuk pola alur di antara permukiman, seperti terlihat misalnya di Kecamatan Rungkut, Sukolilo, serta Tegalsari. Hasil survei menunjukkan pola alur tersebut ditengarai merupakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) berupa jalur hijau yang searah dengan jaringan jalan. Pola berupa titik region hingga region yang cukup luas ditemui pada kondisi eksisting berupa RTH pekarangan, lapangan, taman kota, TPU, kebun, hingga areal pertanian seperti sawah.

#### **4.2.3.3 Perubahan Tutupan Lahan Kota Surabaya**

Dalam periode Tahun 2001 sampai dengan Tahun 2015 tutupan lahan Kota Surabaya mengalami perubahan yang terjadi pada semua kelas tutupan lahan, yaitu permukiman, industri, jalan, lahan bervegetasi, dan badan air. Penambahan luas terjadi pada kelas tertentu dan pengurangan luas terjadi pada kelas yang

lainnya. Perbandingan luas kelas tutupan lahan Kota Surabaya Tahun 2001 dibandingkan Tahun 2015 dapat dilihat pada diagram berikut.



**Gambar 4.29** Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015

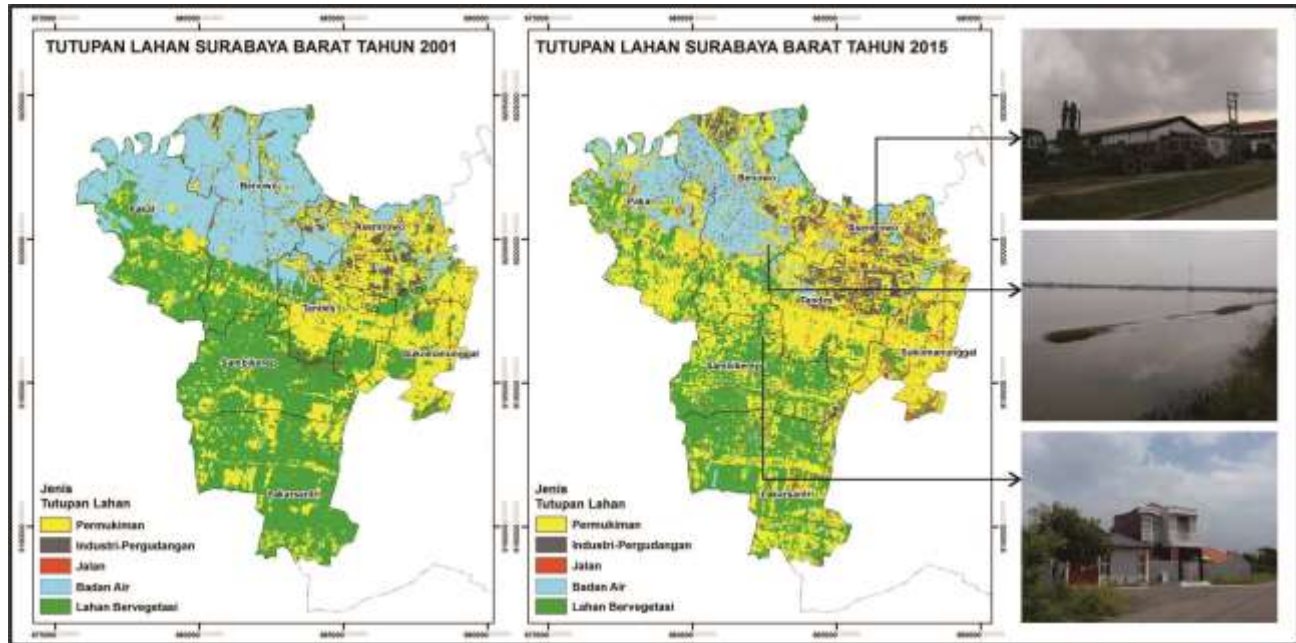
Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Berdasarkan diagram diatas terlihat luas lahan permukiman terlihat paling mendominasi baik di Tahun 2001 dan Tahun 2015. Luas lahan permukiman di Tahun 2015 sebesar 50,31% dari luas Kota Surabaya sedangkan pada Tahun 2001 sebesar 41,48% atau terpaut sekitar 8,38%. Di sisi lain, kelas industri maupun kelas jalan merupakan dua kelas yang memiliki luas relatif kecil di Kota Surabaya dibandingkan kelas lainnya. Sama halnya dengan kelas permukiman, kelas industri dan kelas jalan juga mengalami peningkatan di Tahun 2015. Kelas industri

mengalami peningkatan luas sekitar 605,79 Ha, sedangkan luas kelas jalan meningkat sekitar 1.004,4 Ha selama Tahun 2001 hingga 2015.

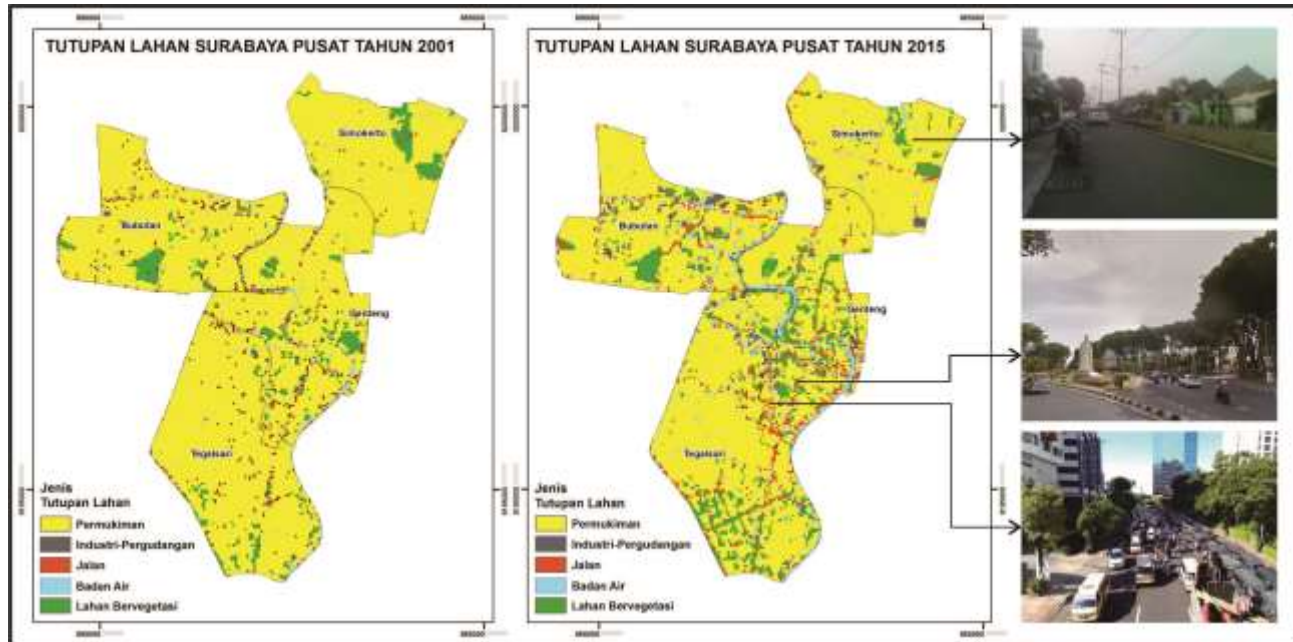
Lain halnya dengan kelas permukiman, industri, dan jalan, kelas badan air dan lahan bervegetasi justru mengalami penurunan luas selama Tahun 2001 hingga 2015. Badan air mengalami penurunan luas sekitar 1.466,28 Ha atau dari yang semula sebesar 19,74% di Tahun 2001 menjadi sebesar 15,35% dari luas Kota Surabaya di Tahun 2015. Demikian halnya dengan kelas badan air, kelas lahan bervegetasi mengalami penurunan luas, yaitu sekitar 2973,33 Ha. Di Tahun 2001 luas kelas lahan bervegetasi 34,71% atau  $\frac{1}{3}$  dari luas Kota Surabaya sedangkan di Tahun 2015 luas tersebut berkurang menjadi 25,80% atau hampir  $\frac{1}{4}$  luas Kota Surabaya.

Selama periode Tahun 2001 hingga Tahun 2015, perubahan luas masing-masing kelas tutupan lahan di Kota Surabaya baik berupa peningkatan ataupun penurunan, disebabkan oleh beralihnya jenis tutupan lahan yang satu menjadi tutupan lahan yang lainnya. Pada gambar berikut dapat dilihat perubahan tutupan lahan yang terjadi di Surabaya Barat, Surabaya Pusat, dan Surabaya Timur.

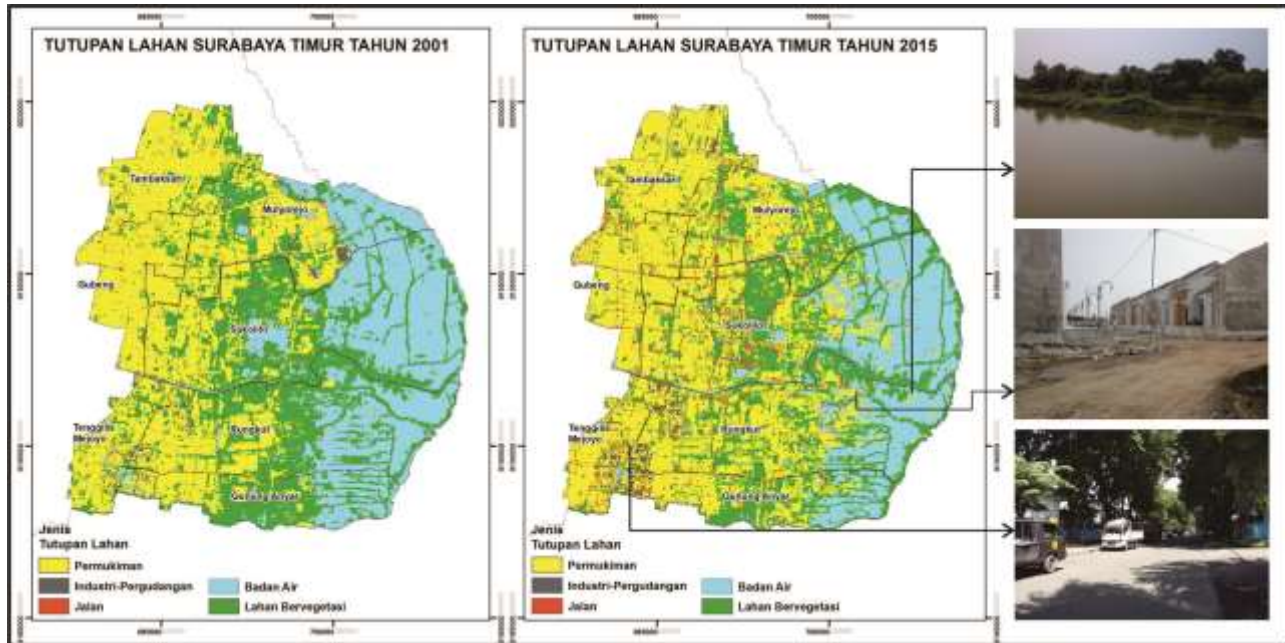


**Gambar 4.30** Tutupan Lahan Surabaya Barat  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016





**Gambar 4.31** Tutupan Lahan Surabaya Pusat  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.32** Tutupan Lahan Surabaya Timur  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Di wilayah Surabaya Barat perubahan tutupan lahan terlihat misalnya pada kelas industri, dimana pada Tahun 2001 industri yang terlihat terkonsentrasi di Kecamatan Asemrowo semakin meluas hingga di Kecamatan Benowo pada Tahun 2015. Selain industri, permukiman juga terlihat semakin meluas seperti di Kecamatan Pakal, Tandes, Sambikerep, Sukomanunggal, dan Lakarsantri. Perubahan yang sebaliknya justru terjadi pada kelas badan air dan lahan bervegetasi. Sebaran kelas badan air terlihat semakin berkurang di Kecamatan Benowo, dan Pakal pada Tahun 2015. Sementara sebaran lahan bervegetasi terlihat berkurang di Kecamatan Sambikerep, Lakarsantri, serta bagian selatan Kecamatan Pakal dan Tandes. Berkurangnya luas badan air dan lahan bervegetasi disebabkan oleh berubahnya permukaan badan air dan lahan bervegetasi menjadi area permukiman dan industri.

Karakteristik perubahan tutupan lahan yang terjadi di daerah Surabaya Pusat yang cenderung padat bangunan, berbeda dengan yang terjadi di Surabaya Barat. Permukiman memang masih menjadi dominasi di Surabaya Pusat. Namun dibandingkan dengan Tahun 2001, di antara kelas permukiman terlihat kelas lahan bervegetasi semakin menonjol di Tahun 2015. Selain pola region area yang hijau, pola alur-alur hijau juga tampak terlihat. Berdasarkan hasil survei lapangan pola-pola tersebut merupakan bentukan dari ruang terbuka hijau seperti tempat pemakaman umum (TPU), taman kota, pekarangan, maupun ruang terbuka hijau jalur hijau pada ruas jalan-jalan kota. Pola badan air terlihat sebagai bentukan dari Sungai Kalimas.

Pada wilayah Surabaya Timur, perubahan tutupan lahan terlihat terutama di Kecamatan Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Dibandingkan Tahun 2001, pola permukiman terlihat semakin menjalar ke arah timur pada Tahun 2015. Pada wilayah tersebut terlihat baik kelas badan air maupun lahan bervegetasi berkurang luasannya seiring bertambahnya luas lahan permukiman. Berdasarkan hasil survei lapangan, dijumpai adanya beberapa area permukiman baru sedang dalam tahap pembangunan, seperti yang ada di Kecamatan Rungkut. Disisi lain, pola alur hijau dari lahan bervegetasi terlihat semakin jelas di bagian barat Surabaya Timur pada Tahun 2015 dibandingkan dengan Tahun 2001. Sementara itu, di ujung timur Kecamatan Mulyorejo terlihat pola badan air tergantikan oleh lahan bervegetasi. Perubahan tersebut diduga diakibatkan oleh proses sedimentasi di wilayah tersebut.

#### **4.2.9 Kerapatan Lahan Terbangun Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015**

Sebagaimana halnya dengan kerapatan vegetasi, kerapatan lahan terbangun juga dapat diketahui berdasarkan nilai indeks yang disebut indeks urban atau lebih dikenal *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). NDBI merupakan indeks yang sangat sensitif terhadap lahan terbangun/lahan terbuka sehingga dapat dijadikan parameter untuk mendeteksi kerapatan bangunan. Indeks ini dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pemetaan daerah urban pada data citra landsat. Indeks urban memiliki korelasi yang negatif terhadap indeks vegetasi sehingga keduanya saling berbanding terbalik. Untuk mendapatkan nilai NDBI pada citra landsat Kota Surabaya Tahun 2001, dilakukan pengolahan terhadap data citra band inframerah dekat (NIR) dan band inframerah pendek

(SWIR-2). Pengolahan terhadap kedua band tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (3.11).

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}} \dots \dots \dots (3.11)$$

dimana,

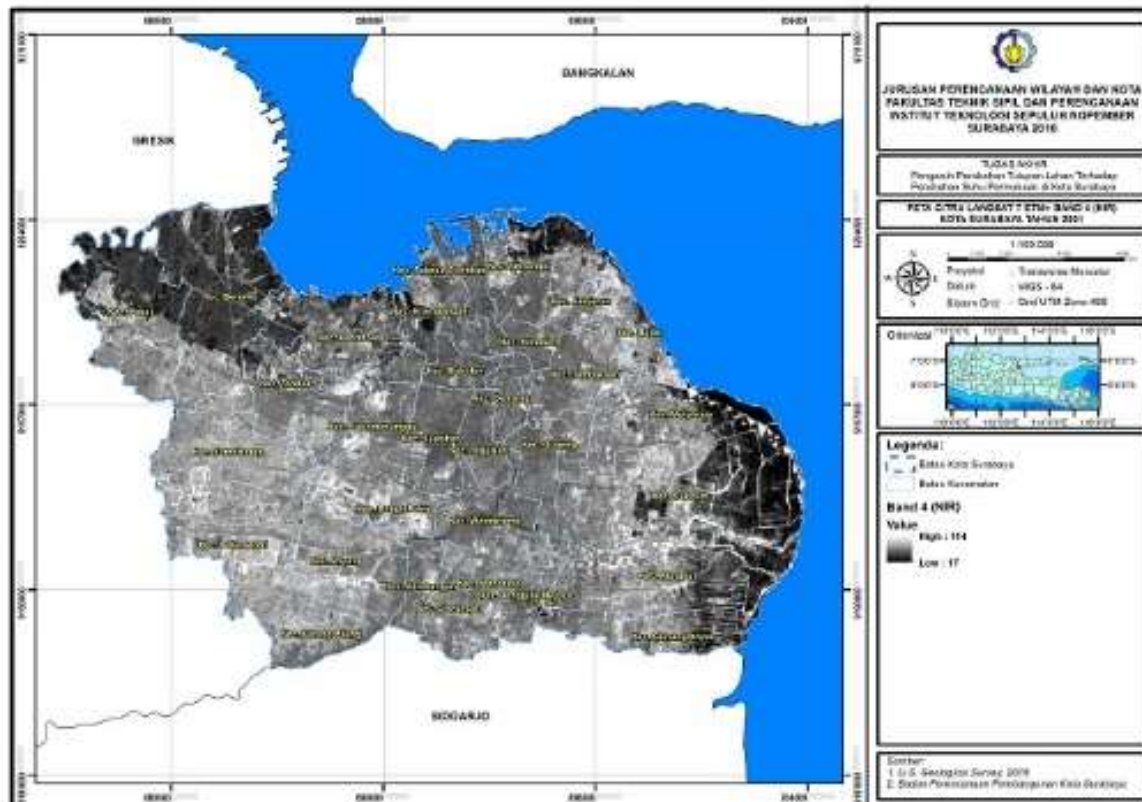
NDBI = Indeks Urban

$\rho_{SWIR}$  = Nilai reflektan band inframerah pendek (SWIR-2)

$\rho_{NIR}$  = Nilai reflektan band inframerah dekat

Untuk mendapatkan nilai reflektan dari kedua band tersebut maka dilakukan pengubahan nilai DN menjadi reflektan. Karena data yang digunakan ialah citra landsat 7 maka proses pengubahan nilai DN band inframerah dekat dan band inframerah pendek menjadi nilai reflektan maka terlebih dahulu nilai DN diubah menjadi spektral radian menggunakan persamaan (3.1). Peta spektral radian dari kedua band dapat dilihat pada Peta 4.42 dan Peta 4.43. Selanjutnya, nilai spektral radian perlu diubah menjadi reflektan dengan persamaan (3.8), dimana nilai  $ESUN_{\lambda}$  untuk band inframerah dekat adalah 1039 dan band inframerah pendek adalah 84,90. Nilai reflektan yang dihasilkan tersebut kemudian dimasukkan pada persamaan (3.11) untuk memperoleh Peta Kerapatan Lahan Terbangun Kota Surabaya Tahun 2001 (Peta 4.46).

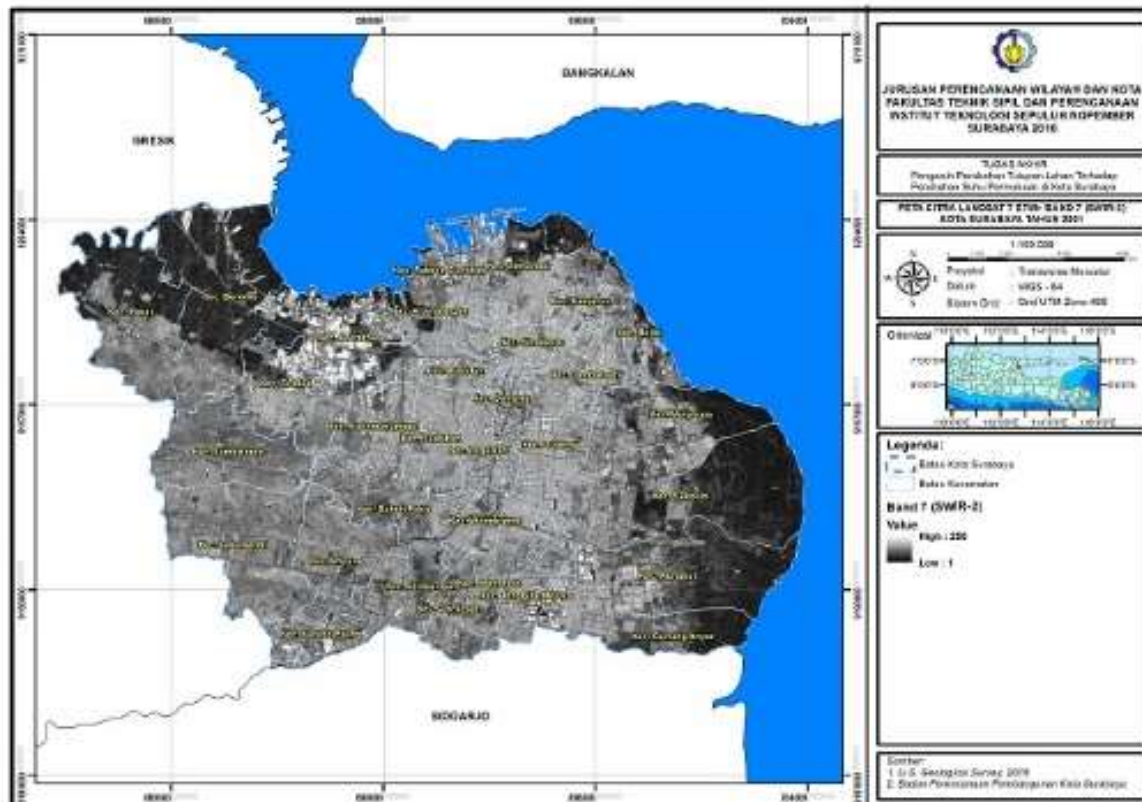
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.40** Citra Landsat 7 ETM+ Band 4 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2001

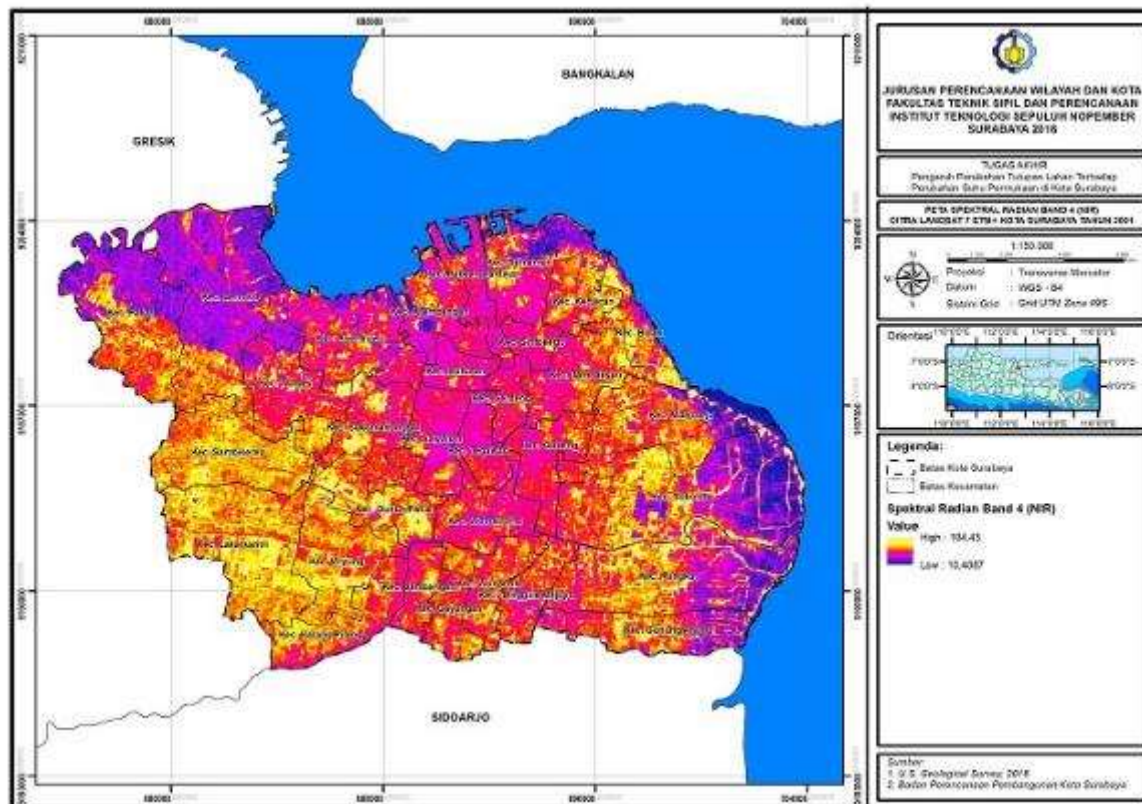
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





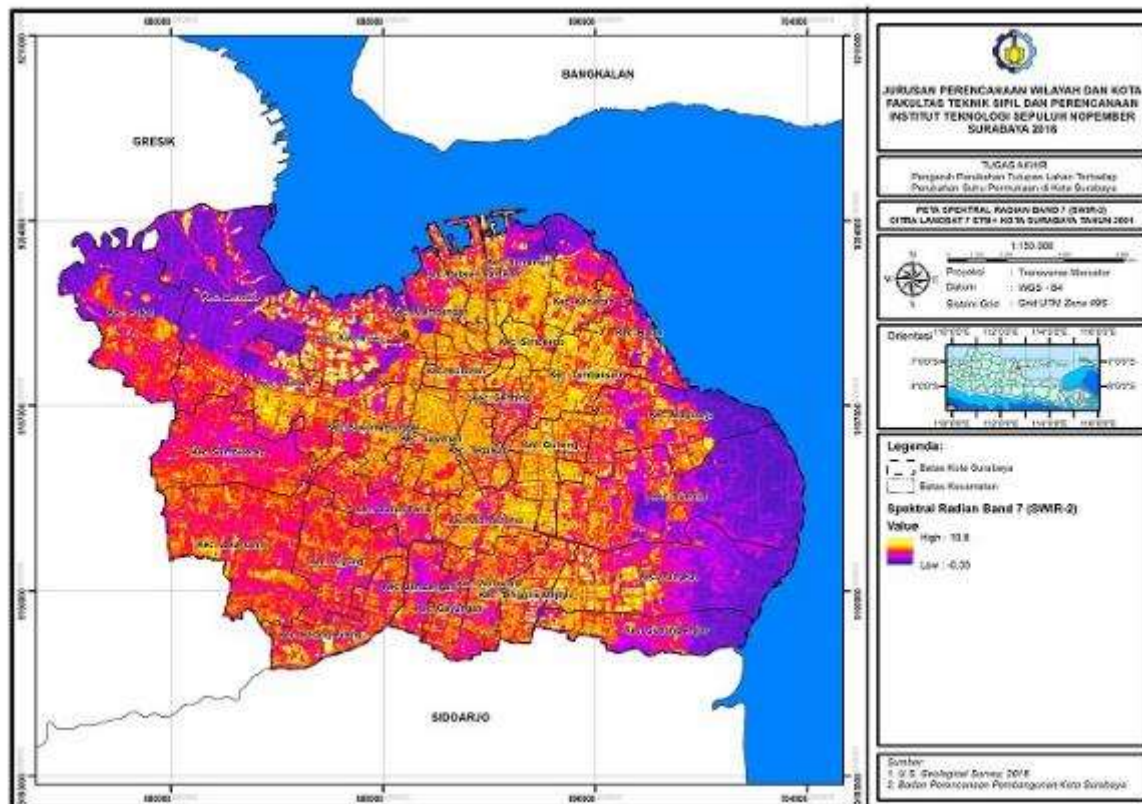
**Peta 4.41** Citra Landsat 7 ETM+ Band 7 (SWIR-2) Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



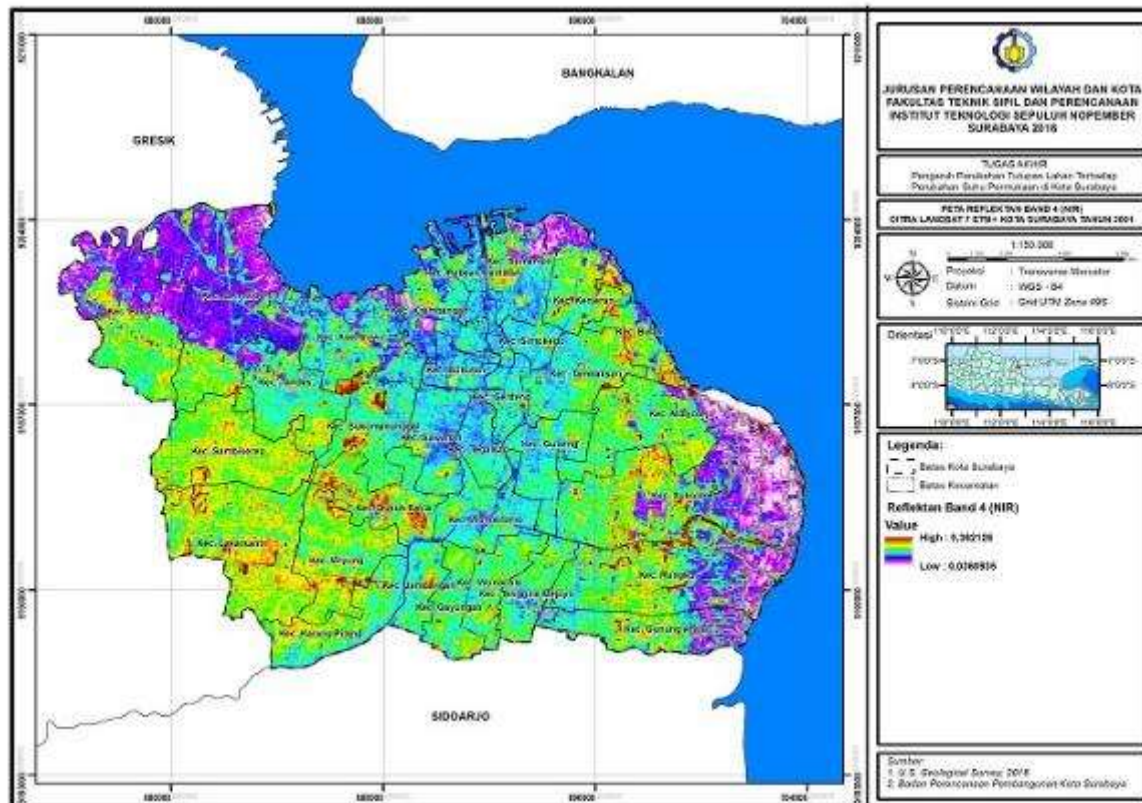
**Peta 4.42** Spektral Radian Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.43** Spektral Radian Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

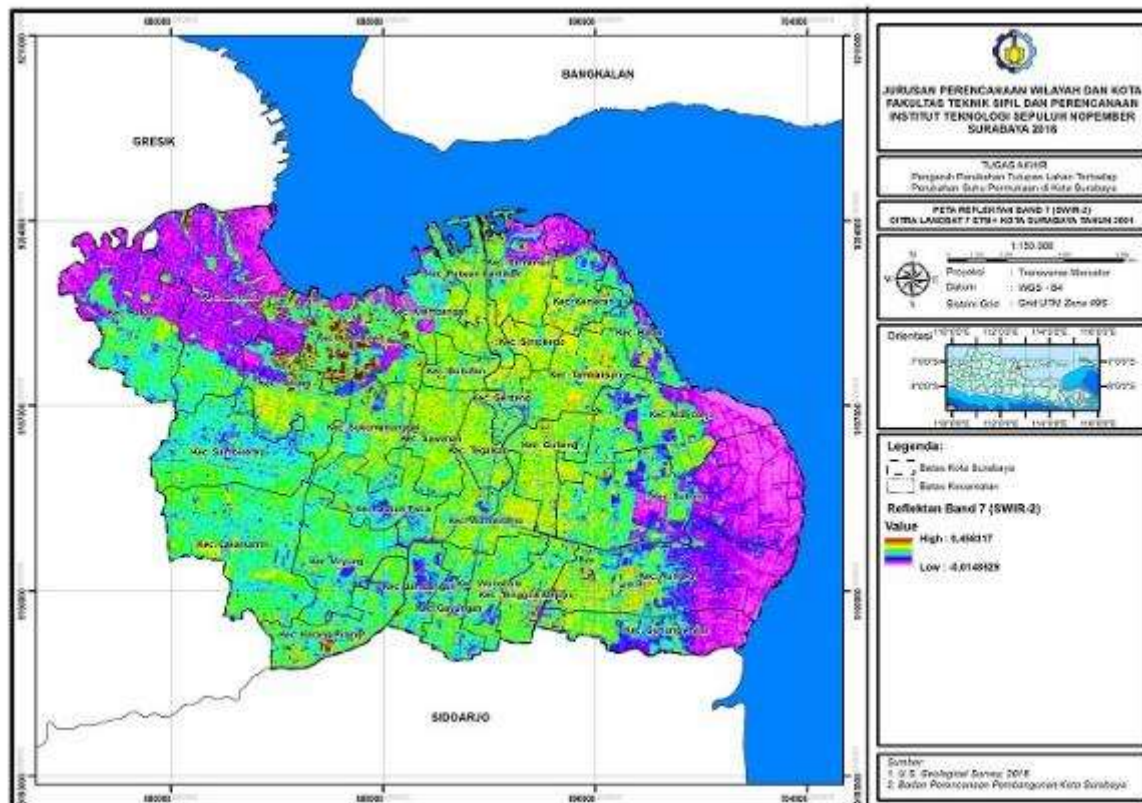
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.44** Reflektan Band 4 (NIR) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

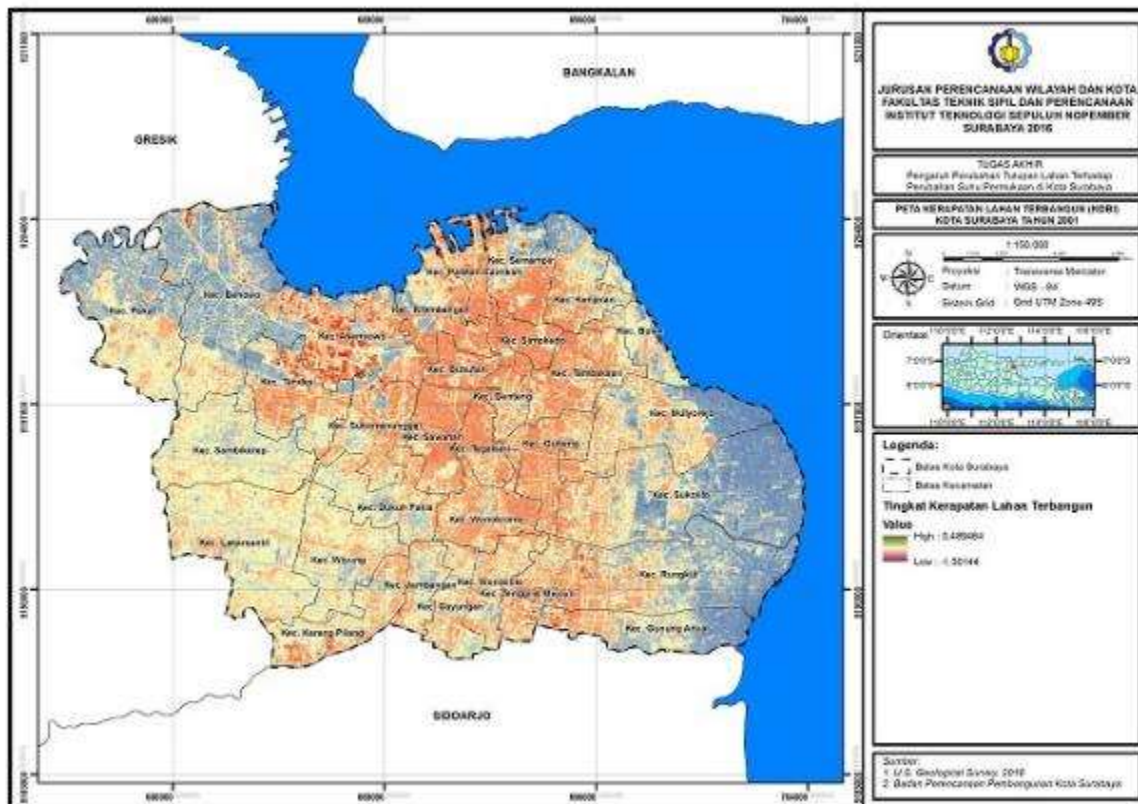
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





**Peta 4.45** Reflektan Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Peta 4.46 Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) Kota Surabaya Tahun 2001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Sebagaimana perhitungan nilai NDBI pada citra landsat 7, perhitungan nilai NDBI pada citra landsat 8 juga menggunakan langkah-langkah yang serupa. Langkah pertama ialah mengubah nilai DN masing-masing band inframerah dekat dan band inframerah pendek (Peta 4.47 dan Peta 4.48), menjadi reflektan dengan menggunakan persamaan (3.9) dan persamaan (3.10).

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} \cdot Q_{cal} + A_{\rho} \dots \dots \dots (3.9)$$

dimana,

- $\rho_{\lambda}'$  = *Top of Atmosphere* (TOA) Reflektan tanpa koreksi sudut zenith matahari
- $M_{\rho}$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* dari metadata (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)
- $Q_{cal}$  = Nilai piksel citra satelit (DN)
- $A_{\rho}$  = *Band-specific additive rescaling factor* dari metadata (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

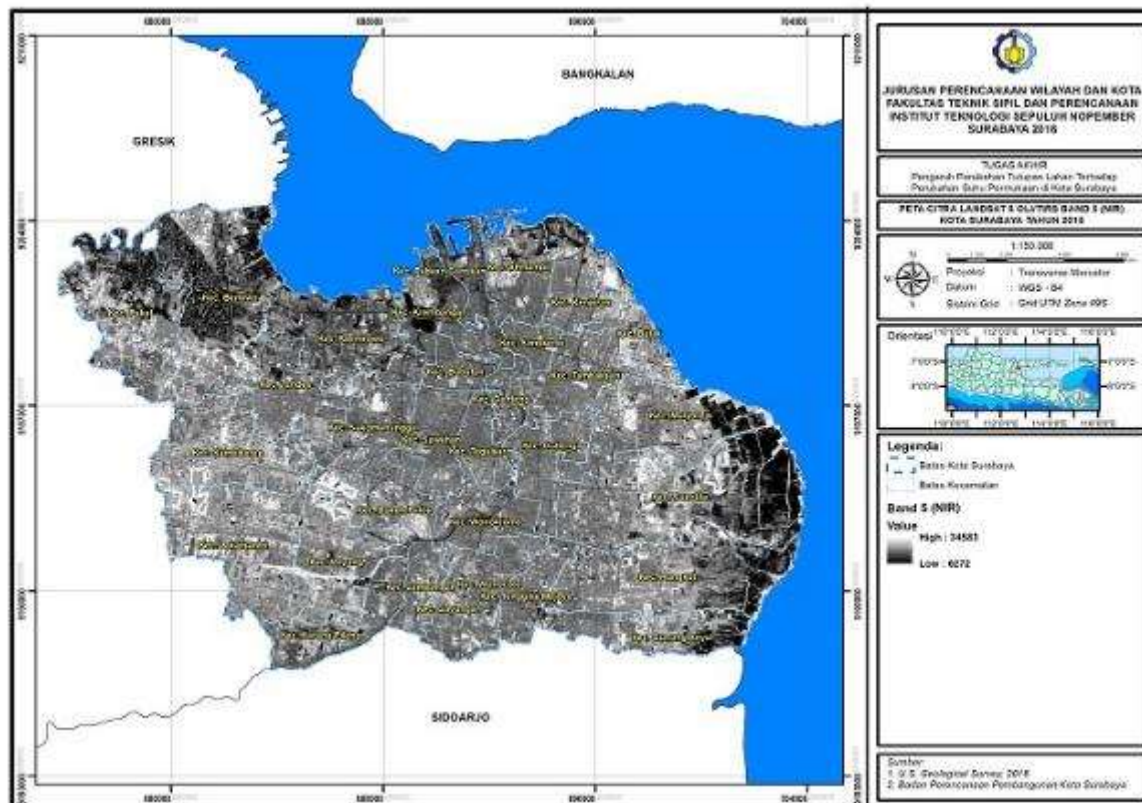
Nilai reflektan yang dihasilkan dari persamaan diatas adalah nilai reflektan yang belum dikoreksi sudut zenith mataharinya. Untuk memperoleh nilai reflektan yang terkoreksi sudut zenith mataharinya maka digunakan persamaan (3.10).

$$\rho_{\lambda} = \rho_{\lambda}' / \sin(\theta_{SE}) \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana,

$$\begin{aligned} \rho_{\lambda}' &= \text{Top of Atmosphere (TOA) Reflektan} \\ &\quad \text{tanpa koreksi sudut zenith matahari} \\ \theta_{SE} &= \text{Sudut elevasi matahari (SUN\_} \\ &\quad \text{ELEVATION)} \end{aligned}$$

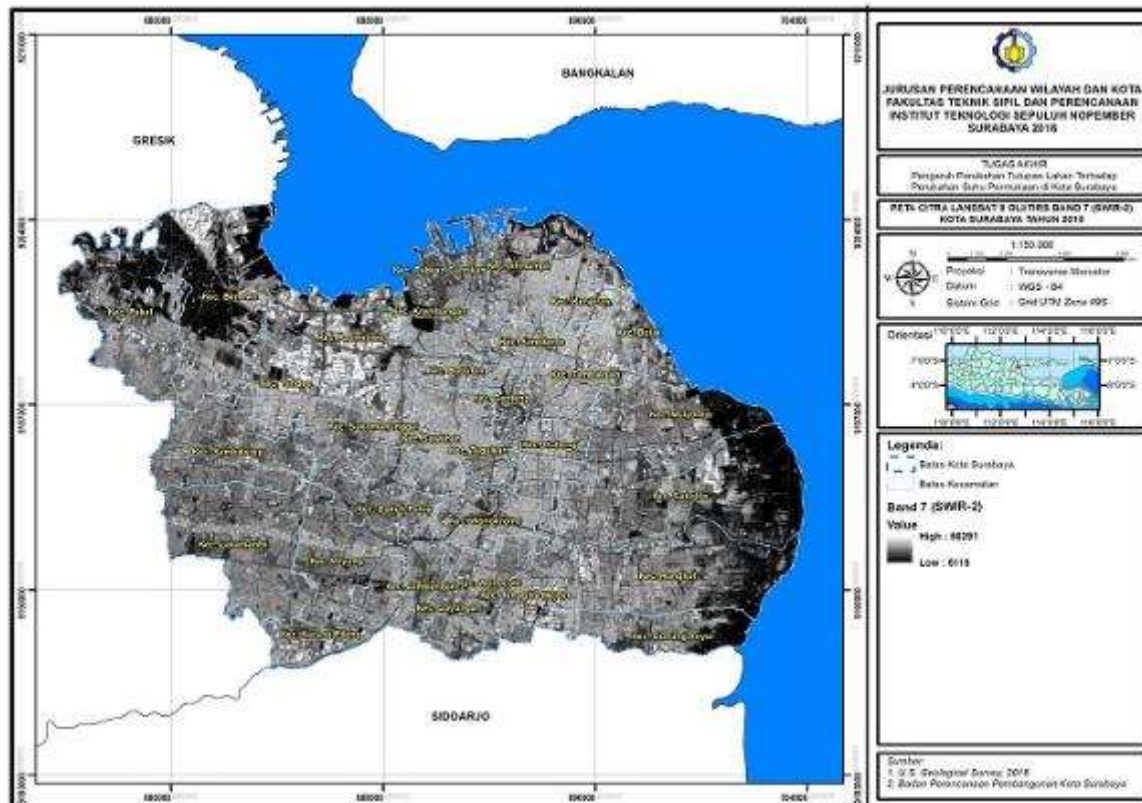
Catatan untuk persamaan (3.10), sudut elevasi matahari ( $\theta_{SE}$ ) pada citra landsat 8 aquisisi 20 September 2015 diperoleh dari file metadata, yaitu sebesar  $62.34687253^0$ . Nilai reflektan yang diperoleh dari masing-masing band (Peta 4.49 dan Peta 4.50) selanjutnya digunakan sebagai masukan untuk menghitung nilai NDBI dengan menggunakan persamaan (3.11). Klasifikasi dilakukan terhadap nilai indeks urban untuk mengetahui tingkat kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya pada Tahun 2015 sebagaimana terlihat pada Peta 4.51.



**Peta 4.47** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 5 (NIR) Kota Surabaya Tahun 2015

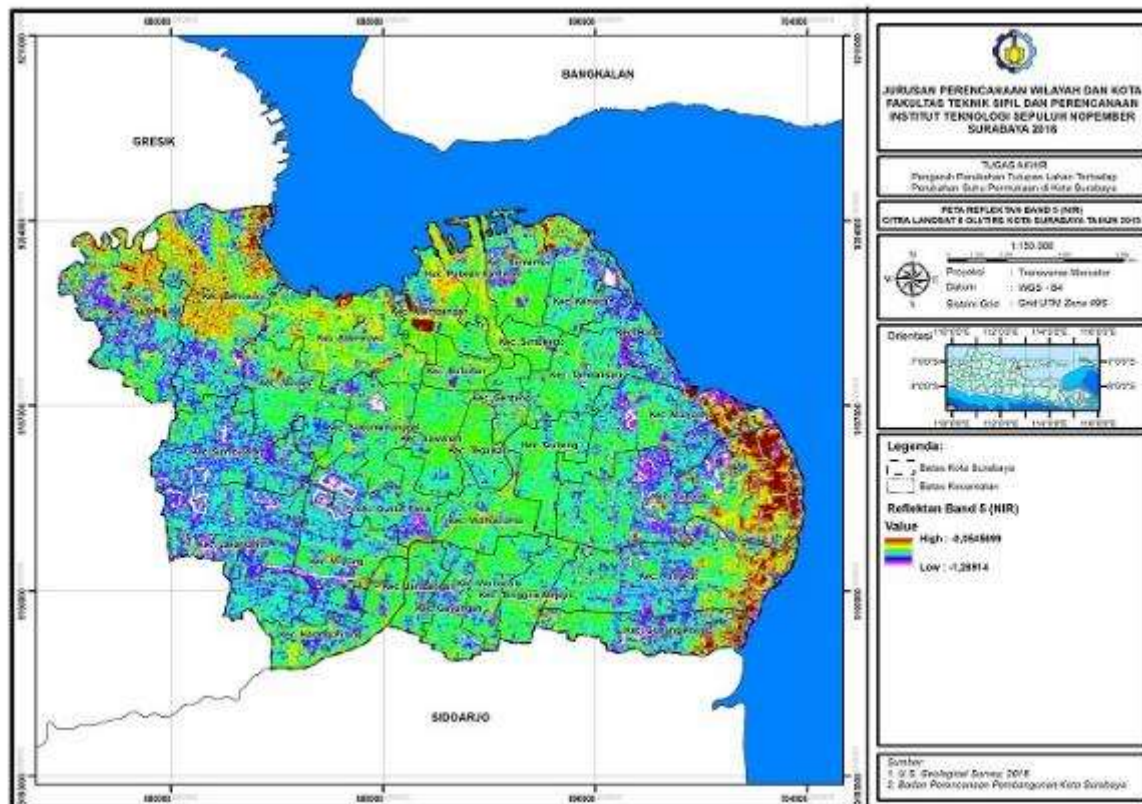
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





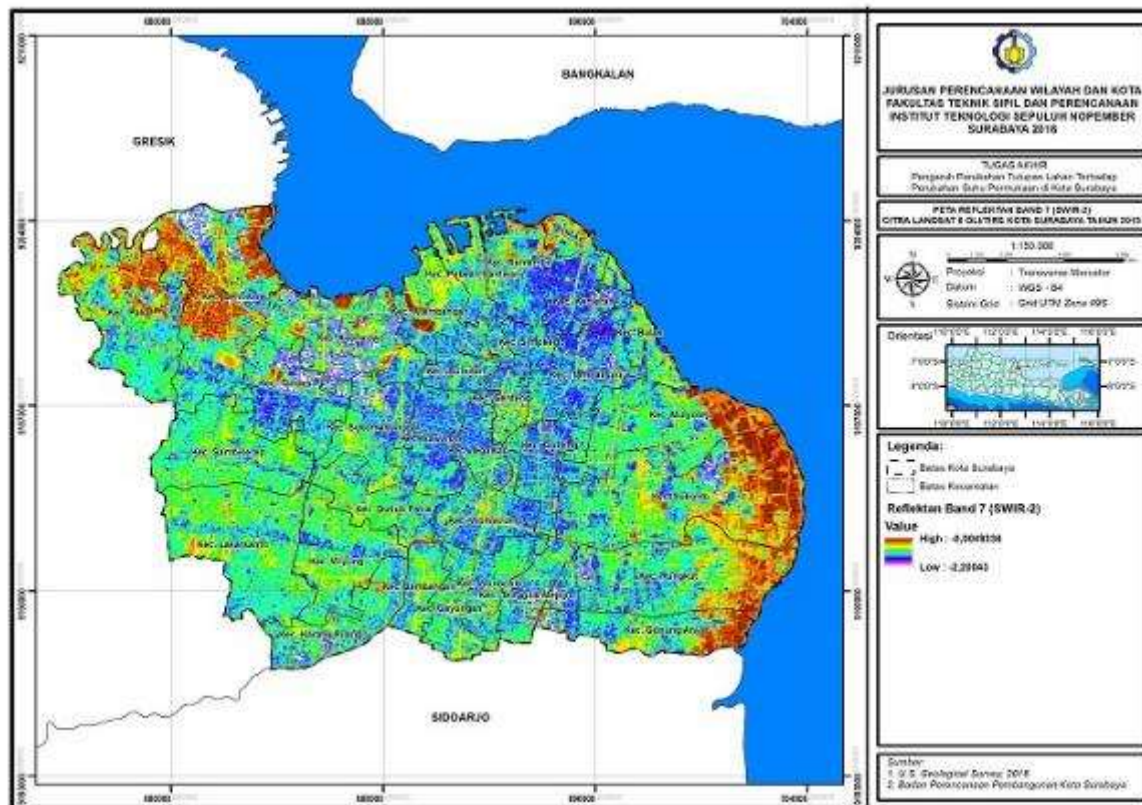
**Peta 4.48** Citra Landsat 8 OLI/TIRS Band 7 (SWIR-2) Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



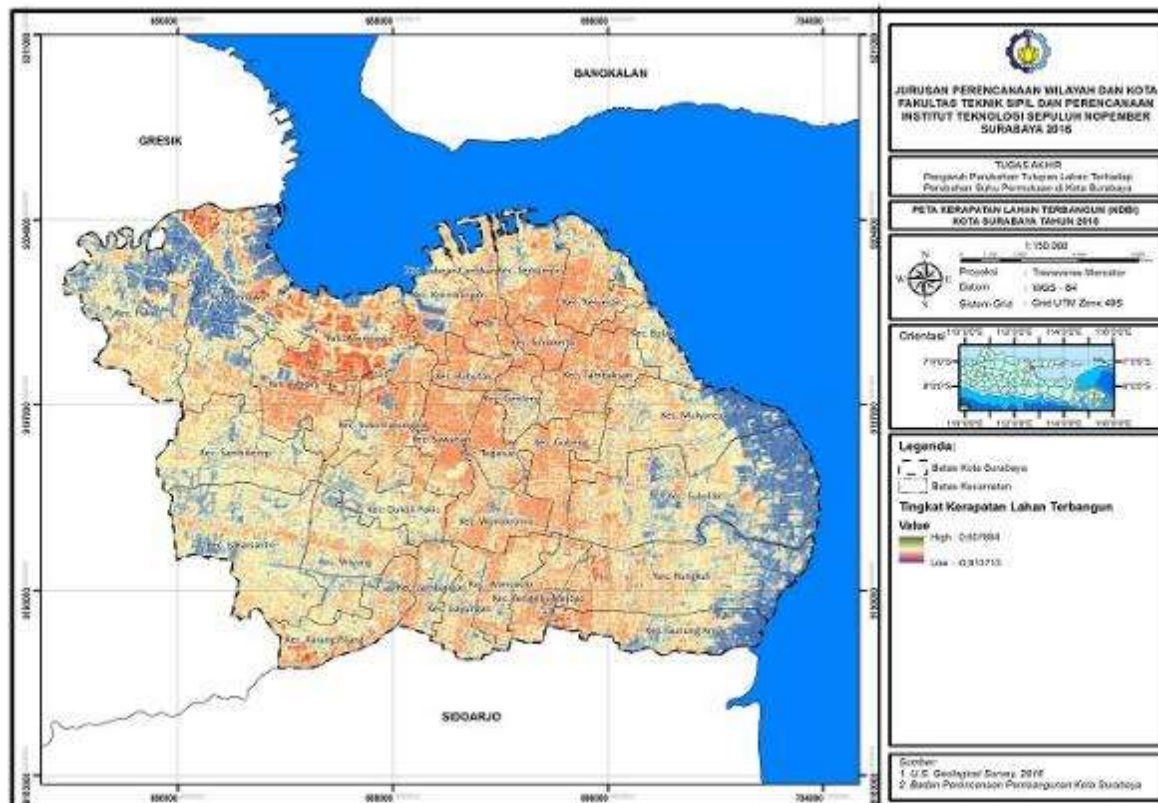
**Peta 4.49** Reflektan Band 5 (NIR) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Peta 4.50** Reflektan Band 7 (SWIR-2) Citra Landsat 8 OLI/TIRS Kota Surabaya Tahun 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

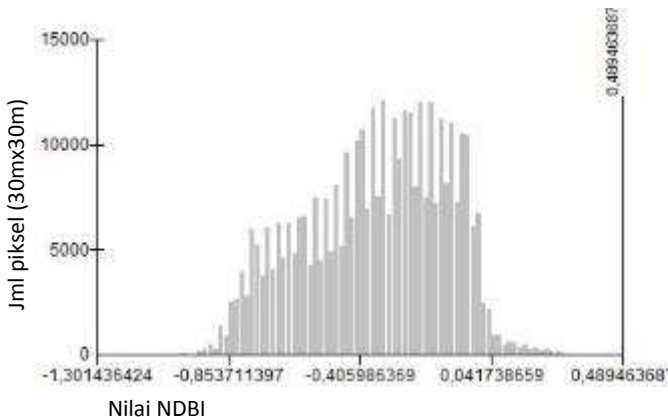


**Peta 4.51** Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI) Kota Surabaya Tahun 2015

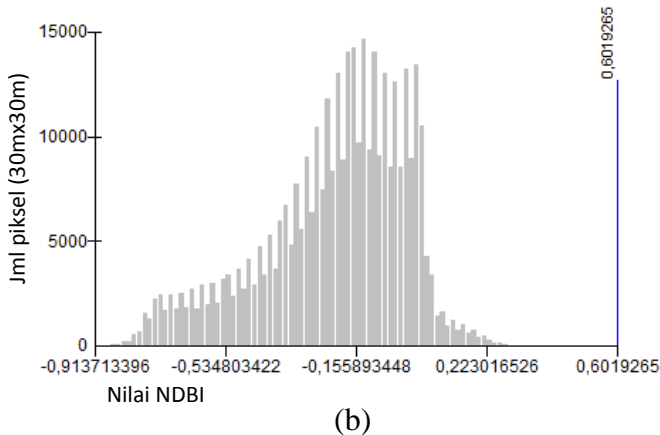
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Dari hasil pengolahan NDBI pada citra landsat didapatkan nilai NDBI Kota Surabaya Tahun 2001 dan 2015. Pada Tahun 2001 nilai NDBI Kota Surabaya didapat nilai minimumnya sebesar -1,3014 dan nilai maksimumnya sebesar 0,4895 dengan nilai rata-ratanya adalah -0,3519 dan standard deviasinya 0,2390. Sedangkan NDBI Kota Surabaya pada Tahun 2015 didapatkan nilai maksimumnya sebesar 0,6019 dan nilai minimumnya sebesar -0,9137 dengan nilai rata-ratanya adalah -0,2187 dan standard deviasinya 0,2083. Bila diperhatikan, telah terjadi peningkatan nilai NDBI rata-rata dari Tahun 2001 terhadap nilai NDBI rata-rata Tahun 2015 yaitu sebesar 0,0203. Terjadinya peningkatan tersebut menandakan tingkat kerapatan lahan terbangun rata-rata kota Surabaya semakin meningkat di Tahun 2015 dibandingkan Tahun 2001. Pada gambar berikut ini disajikan histogram yang menggambarkan sebaran variasi nilai kerapatan lahan terbangun Kota Surabaya di Tahun 2001 dan Tahun 2015.



(a)

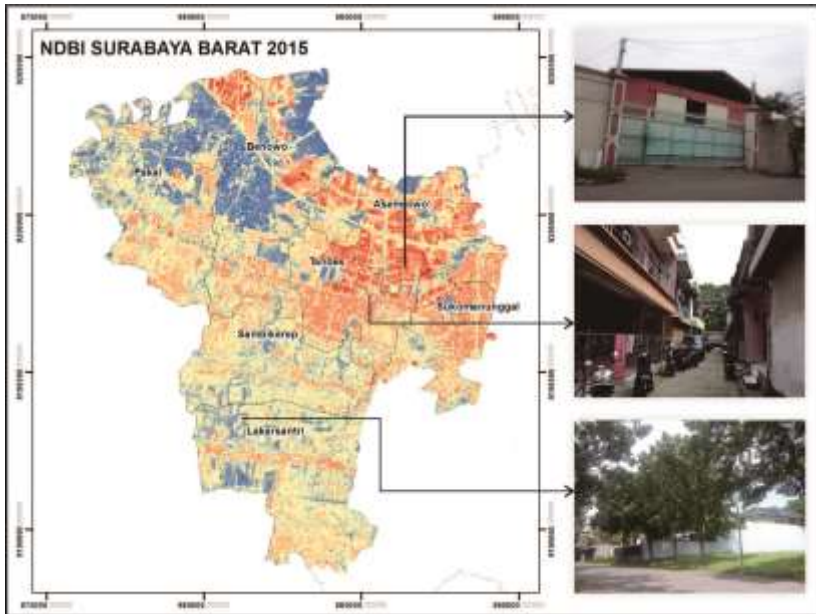


**Gambar 4.33** Histogram nilai NDBI Kota Surabaya (a) Tahun 2001 dan (b) Tahun 2015

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Pada peta NDBI 2001 kisaran nilai relatif tinggi sebagian besar dijumpai pada wilayah Kecamatan Asemrowo dan bagian utara Kecamatan Tandes. Sedangkan di daerah lainnya juga tampak terlihat di Kecamatan Karang Pilang, Rungkut, serta perbatasan antara Kecamatan Rungkut, Gunung Anyar, dan Tenggilis Mejoyo. Sebaran nilai yang relatif tinggi lainnya dapat dijumpai dalam lingkup yang kecil di Kecamatan Krembangan, Semampir serta bagian barat Kecamatan Benowo. Sementara pada Tahun 2015 pola sebaran yang serupa juga terlihat pada wilayah yang sama, namun pada Kecamatan Asemrowo dan Benowo terlihat terjadi peningkatan sebaran bila dibandingkan

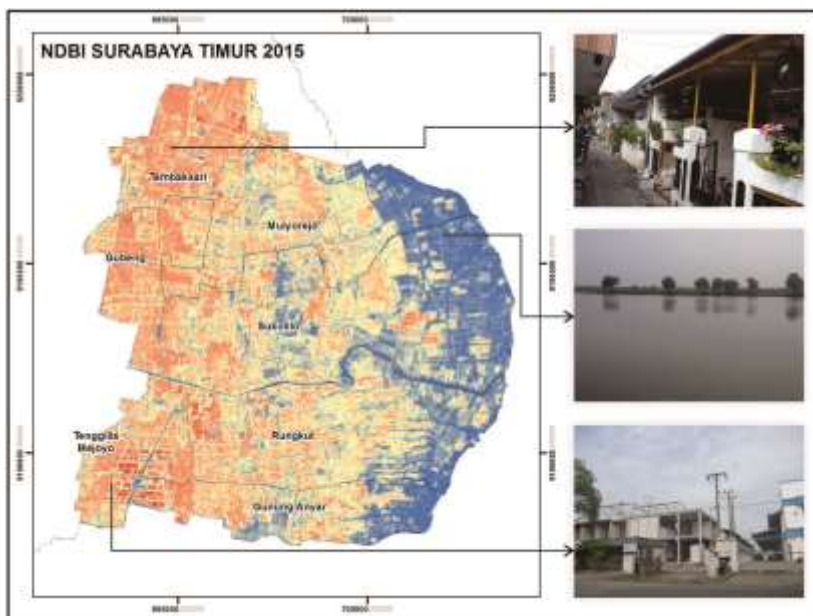
dengan Tahun 2001. Gambaran kondisi eksisting NDBI Surabaya Barat Tahun 2015 dapat dilihat pada gambar berikut.



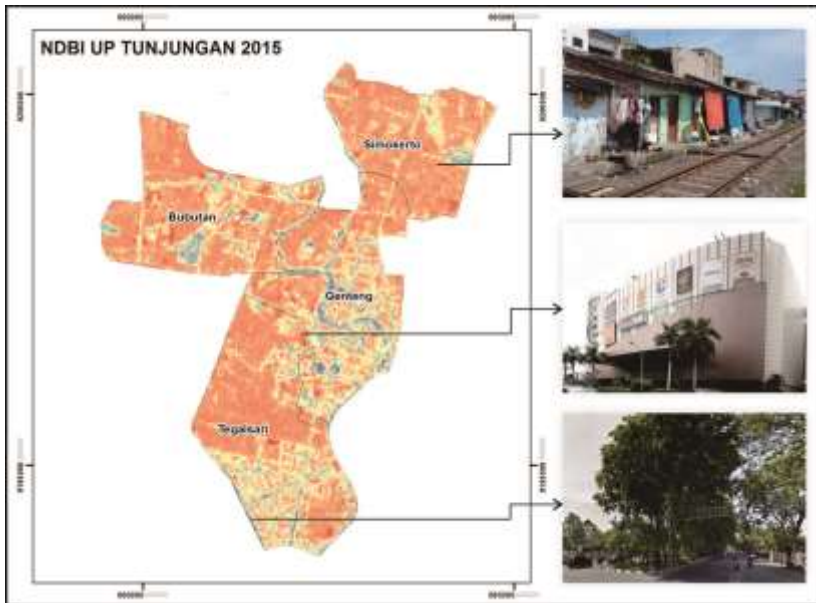
**Gambar 4.34** NDBI Surabaya Barat Tahun 2015  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

Sebaran nilai yang relatif rendah dapat dilihat pada peta NDBI Tahun 2001, persebarannya terutama sebagian besar dijumpai pada bagian timur dari Kecamatan Gunung Anyar memanjang hingga Rungkut, Sukolilo, Mulyorejo. Selain itu persebaran nilai rendah juga didapati di Surabaya Utara yaitu Kecamatan Semampir dan Kenjeran, serta di Surabaya Barat yaitu di Kecamatan Benowo, Krembangan, Asemrowo, Tandes, dan Pakal. Pola yang serupa juga terlihat pada Peta NDBI Tahun 2015, namun pola tersebut terlihat berkurang luas persebarannya

apabila dibandingkan dengan Tahun 2001. Berikut ini disajikan gambaran kondisi eksisting NDBI di Surabaya Timur, dan UP Tunjungan.



**Gambar 4.35** NDBI Surabaya Timur Tahun 2015  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016



**Gambar 4.36** NDBI Unit Pengembangan Tunjungan Tahun 2015  
Sumber: Hasil Pengolahan, 2016

#### **4.2.10 Pengaruh Kerapatan Vegetasi, Kerapatan Lahan Terbangun, dan Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan**

Untuk mengetahui pengaruh kerapatan vegetasi, kerapatan lahan terbangun, dan tutupan lahan sebagai variabel bebas terhadap suhu permukaan di Kota Surabaya, maka digunakanlah analisis regresi dalam penelitian ini. Analisis regresi berguna sebagai alat evaluasi dengan melihat besarnya perubahan satu atau lebih kejadian (variabel) terhadap kejadian (variabel) lainnya. Selain itu ia juga dapat digunakan sebagai alat peramalan terhadap kejadian di masa mendatang.

Dalam analisis regresi ini, kerapatan vegetasi (NDVI), kerapatan lahan terbangun (NDBI), dan tutupan lahan bertindak sebagai variabel bebas. Sedangkan suhu permukaan bertindak sebagai variabel terikat. Nilai NDVI, NDBI, dan Suhu Permukaan yang digunakan sebagai input dalam analisis regresi, merupakan nilai sampel yang didapat dari perhitungan NDVI, NDBI, dan Suhu Permukaan pada Tahun 2001 dan 2015. Berbeda dengan variabel lainnya yang bersifat kuantitatif, variabel tutupan lahan merupakan variabel kualitatif. Sehingga agar dapat digunakan dalam analisis regresi maka variabel tersebut perlu dikuantitatifkan, yakni dengan mengubahnya menjadi variabel dummy. Variabel dummy adalah variabel kategorial yang diduga memiliki pengaruh terhadap variabel yang bersifat kontinu. Variabel dummy hanya memiliki nilai 1 dan 0, dimana 1 untuk salah satu kategori dan 0 untuk kategori yang lainnya (pemberian nilai 1 dan 0 tidak berarti bahwa 1 lebih besar daripada 0). Karena terdapat variabel dummy dalam analisis regresi maka persamaan regresi yang dirumuskan menjadi :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2.....+ b_kx_k + \gamma_1D_1 + \gamma_2D_2 + .... \gamma_mD_m.....(3.12)$$

dimana:

y	= Variabel terikat (suhu permukaan)
$b_0$	= Koefisien <i>intercept</i> regresi
$b_1 - b_k$	= Koefisien <i>slope</i> regresi
$\gamma_1 - \gamma_m$	= Koefisien dummy
D	= Variabel dummy
x	= Variabel bebas (NDVI, NDBI)

## **1. Hubungan Kerapatan Vegetasi (NDVI), Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI), dan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2001**

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa variabel NDVI, NDBI, dan Suhu Permukaan menggunakan nilai yang terdapat pada piksel sampel. Sedangkan variabel tutupan lahan merupakan variabel kualitatif yang perlu dikuantitatifkan dengan mengubahnya menjadi variabel dummy, agar dapat digunakan dalam analisis regresi. Proses regresi dilakukan dengan menggunakan software SPSS. Sehingga untuk mengubah variabel tutupan menjadi variabel dummy langkah pertama yang dilakukan ialah memberi label pada lembar kerja SPSS terhadap masing-masing kelas tutupan lahan sebagai berikut.

Kategori 1 : Badan Air diberi label 1

Kategori 2 : Lahan Bervegetasi diberi label 2

Kategori 3 : Jalan diberi label 3

Kategori 4 : Permukiman diberi label 4

Kategori 5 : Industri diberi label 5

Dalam analisis regresi linear berganda dengan variabel dummy, tidak semua kategori dalam variabel dummy dilibatkan dalam analisis regresi. Karena jumlah kategori lebih dari 2 maka jumlah kategori yang dilibatkan adalah  $k-1$  ( $k$  = jumlah kategori) atau terdapat 4 kategori dari variabel tutupan lahan yang dijadikan sebagai variabel dummy. Pada penelitian ini, kelas badan air dijadikan sebagai kategori referensi. Sedangkan lahan bervegetasi, jalan, permukiman, dan industri dijadikan sebagai variabel dummy yang masing-masing diberi simbol  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,

dan D<sub>4</sub>. Sistem pengkodean variabel dummy menggunakan pola koding biner (1 dan 0) dimana satu sampel hanya termasuk kedalam satu kategori saja dan tidak boleh dalam dua kategori atau lebih. Untuk lebih jelasnya, sistem pengkodean variabel dummy akan dijelaskan sebagai berikut.

- D<sub>1</sub> bernilai 1 untuk kategori/kelas lahan bervegetasi dan 0 untuk kategori/kelas badan air, jalan, permukiman, dan industri.
- D<sub>2</sub> bernilai 1 untuk kategori jalan dan 0 untuk kategori badan air, lahan bervegetasi, permukiman, dan industri.
- D<sub>3</sub> bernilai 1 untuk kategori permukiman dan 0 untuk kategori badan air, lahan bervegetasi, dan industri.
- D<sub>4</sub> dengan nilai : 1 untuk kategori industri dan 0 untuk kategori badan air, lahan bervegetasi, jalan, dan permukiman.

Untuk memudahkan pemahaman, maka data NDVI, NDBI, Tutupan Lahan, Suhu Permukaan serta variabel dummy tutupan lahan yang dibentuk untuk data Tahun 2001, dapat dilihat pada Lampiran B (hal: 329-331). Sebelum dilakukan analisis regresi terlebih dahulu dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun analisis korelasi yang digunakan adalah korelasi Produk Momen Pearson yang berguna untuk mengukur derajat hubungan linear antara variabel NDVI dan NDBI terhadap suhu permukaan. Sedangkan untuk mengetahui korelasi variabel dummy tutupan lahan (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, dan D<sub>4</sub>) terhadap suhu permukaan maka digunakan analisis korelasi Spearman. Analisis korelasi Spearman merupakan pengukuran statistik dengan skala pengukuran ordinal. Hasil



analisis korelasi tersebut dapat dilihat pada Lampiran C (hal: 337-339).

Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson, didapatkan variabel suhu permukaan berkorelasi dengan variabel NDBI. Suhu permukaan berkorelasi dengan NDBI yang ditunjukkan dengan angka korelasinya sebesar 0,844 dengan signifikansi 0,000. Arah korelasinya positif, artinya semakin besar NDBI maka suhu permukaan juga akan semakin besar. Sedangkan variabel NDVI tidak memiliki korelasi dengan suhu permukaan yang ditunjukkan dengan angka korelasinya hanya sebesar 0,079 dan tingkat signifikansinya lebih dari 0,05.

Sedangkan dari analisis korelasi Spearman terlihat bahwa suhu permukaan berkorelasi dengan D3 (permukiman) dengan nilai korelasi sebesar 0,627 dan tingkat signifikansi sebesar 0,000. Arah korelasinya adalah positif artinya semakin besar permukiman maka akan berpengaruh meningkatkan suhu. Selain itu suhu permukaan juga berkorelasi dengan D4 (industri) dengan nilai korelasi -0,198 dan tingkat signifikansi 0,048. Arah korelasi yang ditunjukkan adalah negatif, artinya semakin besar nilai industri maka nilai suhu akan semakin kecil. Hal tersebut kurang dapat diterima, sebab tidak sesuai dengan teori.

Adiningsih (2001) mengatakan bahwa suhu permukaan tinggi terjadi di permukaan kota pada penutup lahan permukiman, lahan, terbuka dan industri. Pada kasus ini, hal tersebut terjadi dimungkinkan karena jumlah sampel industri yang hanya terdiri dari dua sampel. Selain itu, salah satu sampel tersebut terletak di Kecamatan Asemrowo dimana pada Tahun 2001 di daerah tersebut sangat dominan tutupan lahan berupa badan air atau tambak dibandingkan dengan industri yang

luasnya relatif kecil. Sehingga suhu sampel yang diambil dimungkinkan terpengaruhi oleh suhu badan air yang masih dominan di kawasan tersebut. Oleh karena itu variabel D4 tidak akan dimasukkan kedalam analisis regresi.

Dari hasil analisis korelasi yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya akan dilakukan analisis regresi terhadap variabel-variabel bebas yang memiliki korelasi dengan suhu permukaan. Dari analisis korelasi Pearson didapatkan variabel NDBI berkorelasi dengan suhu permukaan. Sementara dari analisis korelasi Spearman didapatkan variabel D3 (permukiman) berkorelasi dengan suhu permukaan. Oleh karena itu langkah selanjutnya adalah melakukan analisis regresi terhadap variabel NDBI dan D3 sebagai variabel bebas dan suhu permukaan sebagai variabel terikat. Analisis Regresi dilakukan dengan menggunakan metode Stepwise dan metode Enter. (Lampiran tabel SPSS hasil analisis regresi dapat dilihat pada Lampiran C halaman 340-343).

## **1. Metode Stepwise**

Pada Model Summary didapatkan bahwa prediktor NDBI dapat menjelaskan variabel terikat suhu permukaan sebesar 71,2% ( $R^2 = 0,712$ ). Sebaliknya variabel suhu permukaan dijelaskan oleh variabel bebas lain yang tidak termasuk dalam penelitian ini, yaitu sebesar 28,8%. Hasil uji Anova menunjukkan nilai F hitung sebesar 242,344 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,000. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa model regresi yang dihasilkan secara keseluruhan adalah baik. Artinya variabel suhu permukaan dapat dijelaskan oleh variabel NDBI dan *intercept*-nya. Dari analisis regresi yang telah dilakukan variabel D3 (permukiman) dikeluarkan dari model, sementara variabel NDBI tetap

dimasukkan kedalam persamaan. Sehingga persamaan yang didapatkan yaitu:

$$\text{Suhu Permukaan (Y)} = 30,586 + 8,221 \text{ NDBI}$$

Berdasarkan persamaan diatas dapat diketahui bahwa tiap kenaikan nilai NDBI sebesar 1 satuan maka akan meningkatkan suhu permukaan sebesar 8,221.

## 2. Metode Enter

Dari hasil analisis regresi dengan metode Enter dapat diketahui bahwa prediktor D3 dan NDBI dapat menjelaskan variabel terikat suhu permukaan sebesar 72% ( $R^2 = 0,720$ ). Sebaliknya variabel suhu permukaan dijelaskan oleh variabel bebas lain yang tidak termasuk dalam penelitian ini, yaitu sebesar 28%. Hasil uji Anova menunjukkan nilai F hitung sebesar 124,874 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,000. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa model regresi yang dihasilkan secara keseluruhan adalah baik. Artinya variabel suhu permukaan dapat dijelaskan secara bersama oleh variabel NDBI, D3 (permukiman), dan *intercept*-nya. Berdasarkan Tabel Coefficients dapat diketahui seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap suhu permukaan. Besarnya pengaruh tersebut dirumuskan dalam persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 30,117 + 7,486 \text{ NDBI} + 0,564 \text{ D3}$$

Dari persamaan diatas berarti setiap penambahan 1 satuan variabel NDBI maka akan meningkatkan suhu permukaan sebesar 7,486. Sementara apabila diperhatikan variabel D3 (Permukiman) hanya terdiri dari nilai 0 dan 1 (kategori badan air bertindak sebagai referensi). Sehingga

interpretasi dari model tersebut ketika Permukiman bernilai 0 persamaan diatas akan menjadi :

$$Y = 30,117 + 7,486 \text{ NDBI} + 0,564 . (0)$$

$$Y = 30,117 + 7,486 \text{ NDBI}$$

Sehingga setiap kenaikan nilai NDBI sebesar 1 satuan maka nilai suhu permukaan akan menjadi 37,603. Sementara ketika D3 bernilai 1 maka persamaan tersebut akan menjadi :

$$Y = 30,117 + 7,486 \text{ NDBI} + 0,564 . (1)$$

$$Y = 30,681 + 7,486 \text{ NDBI}$$

Sehingga tiap kenaikan nilai NDBI sebesar 1 satuan maka nilai suhu permukaan akan menjadi 38,167. Pada persamaan diatas terlihat pengaruh NDBI lebih dominan dalam meningkatkan suhu permukaan dibandingkan dengan D3 (permukiman). Hal tersebut terlihat dari koefisien regresi NDBI yang relatif lebih besar daripada koefisien regresi D3.

## **2. Hubungan Kerapatan Vegetasi (NDVI), Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI), dan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2015**

Sebagaimana proses regresi untuk mengetahui hubungan variabel bebas NDVI, NDBI, tutupan lahan terhadap variabel terikat suhu permukaan pada tahun 2001, proses tersebut juga dilakukan untuk data di tahun 2015. Data sampel NDVI, NDBI, tutupan lahan dan variabel dummy-nya serta suhu permukaan Kota Surabaya Tahun 2015 yang akan digunakan dalam analisis korelasi dan regresi dapat dilihat pada Lampiran B (hal: 331-334).

Hasil dari analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa suhu permukaan berkorelasi dengan NDVI atau kerapatan vegetasi dengan nilai korelasi sebesar  $-0,204$  dan tingkat signifikansinya sebesar  $0,000$ . Terlihat bahwa arah korelasinya negatif, artinya semakin rendah tingkat kerapatan vegetasi maka akan menyebabkan suhu permukaan semakin naik. Suhu permukaan juga didapati berkorelasi dengan NDBI atau kerapatan lahan terbangun. Adanya korelasi tersebut ditunjukkan dengan nilai korelasi yang didapatkan yaitu sebesar  $0,790$  dan tingkat signifikansinya sebesar  $0,000$ . Arah korelasi tersebut adalah positif, artinya semakin tinggi tingkat kerapatan bangunan maka akan menyebabkan suhu permukaan juga semakin tinggi.

Analisis korelasi Spearman dilakukan pada variabel tutupan lahan sebagai variabel yang berskala ordinal. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu permukaan memiliki korelasi rendah dengan D3 (permukiman) dimana nilai korelasinya sebesar  $0,446$  dan signifikansinya  $0,000$ . Arah korelasi yang ditunjukkan adalah positif, artinya permukiman yang semakin meningkat akan menyebabkan suhu permukaan juga akan meningkat. Suhu permukaan juga menunjukkan korelasi rendah yang positif terhadap D4 (industri) dengan nilai korelasi yang ditunjukkan sebesar  $0,260$  dan tingkat signifikansinya sebesar  $0,009$ . Korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya industri maka akan menyebabkan suhu semakin meningkat. Hasil analisis korelasi tersebut dapat dilihat pada Lampiran C (hal: 344-346).

Berdasarkan kedua analisis korelasi yang sudah dilakukan didapatkan variabel bebas yang berkorelasi dengan suhu permukaan, meliputi NDVI, NDBI, D3 (Permukiman) dan D4 (Industri). Langkah selanjutnya ialah melakukan analisis

regresi terhadap variabel-variabel tersebut. Analisis regresi yang dilakukan menggunakan metode Stepwise dan metode Enter. Hasil Analisis Regresi pada SPSS dapat dilihat pada Lampiran C (hal: 347-352).

### 1. Metode Stepwise

Dari hasil analisis regresi dengan metode stepwise didapatkan 2 model persamaan regresi. Pada model 1 variabel bebas NDBI dimasukkan dalam persamaan regresi sementara variabel NDVI dikeluarkan dari model. Pada model 1 diperoleh nilai R square = 0,625 artinya variabel NDBI dapat menjelaskan suhu permukaan dengan prosentase sebesar 62,5%. Sedangkan pada model 2 variabel NDBI dan NDVI dimasukkan dalam model dengan nilai R square = 0,646. Artinya pada model 2, NDBI dan NDVI secara bersama-sama dapat menjelaskan suhu permukaan sebesar 64,6%.

Hasil uji Anova menunjukkan F hitung dan tingkat signifikansi model 1 masing masing sebesar 163,138 dan 0,000. Sementara pada model 2, diperoleh nilai F hitung sebesar 88,511 dan tingkat signifikansinya sebesar 0,000. Artinya kedua model yang dihasilkan tersebut adalah baik. Pada model 1 prediktor NDBI dan intercept-nya dapat menjelaskan suhu permukaan. Demikian halnya, pada model 2 prediktor NDBI bersama dengan NDVI dan intercept-nya dapat menjelaskan suhu permukaan. Adapun persamaan regresi yang didapat pada model 1 dan 2 yaitu:

- Persamaan Regresi Model 1 :

$$\text{Suhu (Y)} = 32,478 + 7,288 \text{ NDBI}$$

- Persamaan Regresi Model 2 :

$$\text{Suhu (Y)} = 32,107 + 7,920 \text{ NDBI} + 2,320 \text{ NDVI}$$

Dari persamaan model 1 dapat diketahui bahwa tiap kenaikan nilai NDBI sebesar 1 satuan maka akan mempengaruhi kenaikan suhu permukaan sebesar 7,288. Sedangkan pada model 2 tiap kenaikan 1 satuan nilai NDBI maka akan berpengaruh dalam meningkatkan suhu permukaan sebesar 7,920. Selain itu pada model 2 juga dapat diketahui bahwa tiap penambahan nilai NDVI sebesar 1 satuan maka akan meningkatkan suhu permukaan sebesar 2,320.

## 2. Metode Enter

Hasil analisis regresi menunjukkan nilai R square model yang didapat adalah sebesar 0,653. Artinya suhu permukaan dapat dijelaskan secara linear oleh prediktor D3, D4, NDVI, dan NDBI yaitu sebesar 65,3%. Sementara itu, terdapat sebesar 34,7% lainnya dijelaskan oleh prediktor lain. Hasil uji Anova menunjukkan nilai F hitung yang diperoleh sebesar 44,625 dengan tingkat signifikansi model adalah sebesar 0,000. Karena nilai signifikansinya jauh lebih kecil dari 0,05 maka dapat dikatakan bahwa model yang didapatkan adalah baik. Variabel suhu permukaan dapat dijelaskan secara bersama oleh variabel NDVI, NDBI, D3, D4, dan *intercept*-nya. Pada Tabel Coefficients dapat diketahui seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap suhu permukaan. Besarnya pengaruh tersebut dirumuskan dalam persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 31,791 + 2.542 \text{ NDVI} + 7,449 \text{ NDBI} + 0,280 \text{ D3} + 0,889 \text{ D4}$$

Dari persamaan diatas jika variabel D3 (Permukiman) bernilai 0 dan D4 (industri) bernilai 1 maka persamaan diatas menjadi :

$$Y = 31,791 + 2.542 \text{ NDVI} + 7,449 \text{ NDBI} + 0,280 (0) + 0,889 (1)$$

$$Y = 32,68 + 2.542 \text{ NDVI} + 7,449 \text{ NDBI}$$

Sementara ketika permukiman bernilai 1 dan industri bernilai 0 maka persamaan regresinya menjadi :

$$Y = 31,791 + 2.542NDVI + 7,449 NDBI + 0,280 (1) + 0,889 (0)$$

$$Y = 32,071 + 2.542 NDVI + 7,449 NDBI$$

Namun bila tidak ada pengaruh dari D3 maupun D4 maka persamaan tersebut akan menjadi :

$$Y = 31,791 + 2.542NDVI + 7,449 NDBI$$

Koefisien regresi NDBI yang didapatkan sebesar 7,449, artinya tiap penambahan 1 satuan NDBI akan meningkatkan suhu permukaan sebesar 7,449, dengan catatan NDVI sama dengan 0. Sebaliknya, ketika NDVI bernilai 1 dan NDBI bernilai 0 maka suhu permukaan akan bertambah sekitar 2,542. Disamping itu, dari persamaan regresi diatas terlihat bahwa NDBI merupakan variabel paling dominan dalam mempengaruhi kenaikan suhu permukaan dibanding variabel lainnya. Hal tersebut terlihat dari koefisien regresi NDBI yang relatif besar.

Pada persamaan regresi diatas terlihat bahwa NDVI memiliki hubungan linear yang positif dengan suhu permukaan. Hal tersebut terlihat dari koefisien regresi NDVI yang bernilai positif. Hal tersebut tidak sesuai dengan pendapat Fatimah (2012) yang mengatakan bahwa NDVI berkorelasi negatif dengan suhu permukaan. Hal tersebut dimungkinkan dikarenakan sebagian besar sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah sampel pada lahan terbangun baik permukiman maupun industri. Sehingga sangat memungkinkan bahwa suhu sampel terutama lahan bervegetasi terpengaruhi oleh suhu permukiman maupun industri yang dominan pada kawasan tersebut. Sehingga hal tersebut menyebabkan



hubungan antara kerapatan vegetasi (NDVI) dengan suhu permukaan didapati menjadi hubungan yang searah dan bernilai positif.

Dari persamaan regresi tersebut juga dapat diketahui bahwa tutupan lahan berupa industri lebih besar pengaruhnya dalam meningkatkan suhu permukaan dibandingkan dengan permukiman. Hal itu dapat diketahui dari koefisien regresi yang dimiliki oleh D4 (industri) yang relatif lebih besar daripada D3 (permukiman). Koefisien D4 yang didapatkan sebesar 0,889 sedangkan koefisien D3 sebesar 0,280 atau terdapat selisih sekitar 0,609.

## **2. Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi (NDVI), Kerapatan Lahan Terbangun (NDBI), dan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya Tahun 2015**

Dilakukannya analisis regresi ini bertujuan untuk mengetahui apakah perubahan NDVI, NDBI, maupun perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan. Adapun data yang digunakan merupakan data selisih dari NDVI, NDBI, dan suhu permukaan tahun 2015 terhadap data tahun 2001. Sedangkan untuk data perubahan tutupan lahan, digunakan kode angka 1 apabila tutupan lahan mengalami perubahan dan kode angka 0 apabila tutupan lahan tidak mengalami perubahan. Untuk lebih jelasnya data tersebut dapat dilihat pada Lampiran B (hal: 334-336).

Sebagaimana analisis korelasi dan regresi Tahun 2001 maupun Tahun 2015, sebelum dilakukan analisis regresi terlebih dahulu dilakukan analisis korelasi antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengukur korelasi antara perubahan NDVI ( $\Delta$ NDVI)

dan perubahan NDBI (deltaNDBI) terhadap perubahan suhu permukaan (deltaSuhu\_Permukaan). Sementara analisis korelasi Spearman digunakan untuk mengukur korelasi antara perubahan tutupan lahan (deltaTL) terhadap perubahan Suhu Permukaan. Hasil dari kedua analisis tersebut akan dijelaskan sebagai berikut (Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Lampiran C halaman 353 dan 354).

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa variabel perubahan suhu permukaan berkorelasi dengan perubahan NDBI. Korelasi tersebut ditunjukkan dengan angka korelasi sebesar 0,402 dan tingkat signifikansinya adalah sebesar 0,000. Korelasi yang dibentuk bernilai positif, artinya perubahan NDBI yang bernilai positif akan menyebabkan suhu permukaan juga mengalami perubahan yang berupa peningkatan. Disisi lain, perubahan suhu permukaan tidak berkorelasi dengan perubahan NDVI atau perubahan kerapatan vegetasi. Sementara dari hasil analisis korelasi Spearman didapati perubahan suhu permukaan berkorelasi dengan perubahan tutupan lahan. Namun korelasi yang terbentuk tergolong rendah. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi yang hanya sebesar 0,193 dengan tingkat signifikansinya 0,019.

Berdasarkan hasil kedua analisis korelasi tersebut maka variabel bebas yang akan digunakan dalam analisis regresi adalah perubahan kerapatan lahan terbangun (NDBI) dan perubahan tutupan lahan. Perubahan kerapatan vegetasi (NDVI) tidak dimasukkan dalam analisis regresi, sebab variabel tersebut didapati tidak berkorelasi dengan suhu permukaan. Langkah selanjutnya ialah dilakukan analisis regresi dengan menggunakan metode Enter yang mana hasilnya akan dijelaskan

sebagai berikut (Tabel SPSS hasil analisis regresi dapat dilihat pada Lampiran C halaman 353-356).

Dari Model Summary didapatkan nilai R square model sebesar 0,173. Artinya perubahan suhu permukaan hanya mampu dijelaskan oleh prediktor perubahan NDBI, dan perubahan tutupan lahan secara bersama-sama sebesar 17,3%. Sementara hasil uji Anova menunjukkan nilai F hitung sebesar 10,137 dengan tingkat signifikansinya 0,000. Artinya model regresi yang dihasilkan tersebut tergolong baik. Variabel perubahan suhu permukaan dapat dijelaskan oleh perubahan NDBI dan perubahan tutupan lahan bersama dengan intercept-nya.

Dari Tabel Coefficients maka didapatkan persamaan regresi yang menggambarkan pengaruh perubahan kerapatan lahan terbangun dan perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya selama periode 2001 hingga 2015. Persamaan regresi tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$Y = 2,576 + 3,807\text{deltaNDBI} + 0,492\text{deltaTL}$$

Perubahan kerapatan lahan terbangun ternyata memiliki peranan yang besar dalam menyebabkan terjadinya peningkatan suhu permukaan. Hal tersebut terlihat dari persamaan regresi diatas bahwa tiap penambahan nilai NDBI sebesar 1 satuan maka akan berdampak pada penambahan suhu permukaan sebesar 3,807. Artinya semakin tinggi rata-rata kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya akan berpotensi dalam meningkatkan rata-rata suhu permukaan di Kota Surabaya.

Disamping NDBI, variabel lain yang turut berpengaruh adalah perubahan tutupan lahan. Hal tersebut terlihat dari persamaan regresi diatas bahwa tiap perubahan tutupan lahan yang satu menjadi tutupan lahan lainnya maka akan berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan. Untuk menentukan apakah suatu perubahan tutupan lahan dapat dikatakan bernilai positif ataupun negatif maka digunakan asumsi adanya tingkatan tutupan lahan dalam mempengaruhi suhu permukaan. Adapun tingkatan sebagaimana dimaksud adalah sebagai berikut.

**Tingkat 5** : Industri

**Tingkat 4** : Permukiman

**Tingkat 3** : Jalan

**Tingkat 2** : Lahan Bervegetasi

**Tingkat 1** : Badan Air

Tutupan lahan berupa industri menempati tingkat paling tinggi setelah permukiman dalam mempengaruhi suhu permukaan. Hal tersebut didasarkan pada teori yang mengungkapkan bahwa suhu di kawasan industri dan permukiman memiliki kecenderungan cepat meningkat. Sebab tutupan lahan di kawasan industri dan permukiman umumnya diwakili oleh bahan beton dan semen yang memiliki kapasitas panas yang relatif kecil dan konduktivitas kalor relatif tinggi. Benda yang memiliki kapasitas panas yang kecil namun memiliki konduktivitas kalor yang tinggi akan menghasilkan suhu yang tinggi. Sehingga suhu di kawasan industri dan permukiman cenderung tinggi. Berbeda dengan badan air yang memiliki kapasitas panas besar dan konduktivitas termalnya rendah akan menghasilkan suhu yang rendah. Sementara lahan bervegetasi terutama pepohonan, memiliki sifat menyerap air dalam jumlah yang banyak dan melepaskannya ke atmosfer

sehingga menjaga suhu udara tetap sejuk. Hal inilah yang mendasari pembagian tingkatan kelas tutupan lahan dalam mempengaruhi suhu permukaan.

Apabila misalnya terjadi perubahan tutupan lahan dari lahan bervegetasi menjadi permukiman, artinya perubahan tersebut bernilai +1 (naik satu tingkat). Sehingga persamaan regresi yang terbentuk akan menjadi:

$$Y = 2,576 + 3,807\text{deltaNDBI} + 0,492\text{deltaTL}$$

$$Y = 2,576 + 3,807\text{deltaNDBI} + 0,492 \cdot (1)$$

$$Y = 3,068 + 3,807\text{deltaNDBI}$$

Namun demikian apabila perubahan tersebut justru sebaliknya, permukiman menjadi lahan bervegetasi (turun satu tingkat), maka perubahan tersebut akan bernilai -1. Sehingga persamaan regresi yang terbentuk menjadi.

$$Y = 2,576 + 3,807\text{deltaNDBI} + 0,492\text{deltaTL}$$

$$Y = 2,576 + 3,807\text{deltaNDBI} + 0,492 \cdot (-1)$$

$$Y = 2,084 + 3,807\text{deltaNDBI}$$

Artinya perubahan yang terjadi tiap satu tingkat tutupan lahan akan mempengaruhi suhu permukaan sebesar 0,492.

Dibandingkan dengan perubahan tutupan lahan, perubahan kerapatan lahan terbangun (NDBI) memiliki pengaruh yang lebih besar dalam meningkatkan suhu permukaan. Hal tersebut terlihat dari nilai koefisien regresi deltaNDBI yang relatif lebih besar daripada deltaTL, yaitu terdapat selisih sebesar 3,315.

Berdasarkan analisis korelasi dan regresi yang telah dilakukan terhadap data Tahun 2001, Tahun 2015, dan perubahannya, didapatkan bahwa variabel NDBI atau kerapatan lahan terbangun merupakan variabel paling dominan dalam mempengaruhi kenaikan suhu permukaan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Hidayati (2013), yang mengatakan bahwa NDBI merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi kenaikan suhu dalam studinya mengenai UHI di Kota Yogyakarta. Selain itu, diketahui pula bahwa NDVI tidak berkorelasi dengan suhu permukaan pada Tahun 2001. Sedangkan pada Tahun 2015 suhu permukaan berkorelasi dengan positif dengan NDVI. Hal tersebut tidak sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa suhu permukaan berkorelasi negatif dengan NDVI. Ketidaksesuaian tersebut dimungkinkan karena sejumlah besar sampel yang diambil berada di kawasan permukiman. Sehingga hal tersebut memungkinkan suhu sampel terutama lahan bervegetasi terpengaruhi oleh suhu permukiman ataupun industri.

Disamping NDBI, tutupan lahan permukiman dan industri juga berkorelasi positif dengan suhu permukaan. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil analisis korelasi dan regresi Tahun 2001 dan Tahun 2015 yang menunjukkan hubungan positif antara permukiman dan industri dengan suhu permukaan. Temuan lainnya ialah didapati bahwa perubahan NDBI dan perubahan tutupan lahan turut berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan. Perubahan NDBI berperan lebih dominan daripada perubahan tutupan lahan dalam meningkatkan suhu permukaan.

Disamping dilakukan analisis korelasi dan regresi untuk membuktikan adanya pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan, dilakukan pula perhitungan suhu rata-rata dari

masing-masing jenis tutupan lahan. Sehingga dari perhitungan tersebut dapat diketahui kisaran suhu dari masing-masing jenis tutupan lahan. Perhitungan tersebut dilakukan terhadap seratus sampel yang telah diambil dan disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



(a)



(b)

**Gambar 4.37** Grafik Hubungan Antara Suhu Permukaan dengan Tutupan Lahan (a) Tahun 2001 (b) Tahun 2015  
Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Apabila diperhatikan, pada kedua gambar diagram diatas terlihat sekilas suhu permukaan tiap jenis tutupan lahan hampir memiliki karakteristik yang sama. Suhu permukaan badan air cenderung memiliki kisaran suhu yang terendah baik pada Tahun 2001 maupun 2015. Hal tersebut sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa permukaan berupa badan air dapat menyerap panas lebih banyak sebelum suhu menjadi naik  $1^{\circ}$  (Adiningsih, 2001). Selain itu juga memerlukan waktu yang lama untuk melepaskannya. Benda yang berkapasitas panas besar dan konduktivitas termalnya kecil akan menghasilkan suhu yang rendah. Air memiliki kapasitas panas yang besar ( $C = 1$ ) dan konduktivitas termal yang rendah (0,0015) sehingga suhu yang dihasilkannya pun rendah.



Lahan Bervegetasi memiliki kecenderungan bersuhu rendah setelah badan air. Hal tersebut dikarenakan tumbuhan terutama pohon menyerap air dalam jumlah banyak lalu melepaskannya ke atmosfer sehingga menjaga suhu di sekitarnya tetap sejuk. Disamping itu, pohon-pohon tersebut akan menyerap panas lebih banyak dan melepaskannya dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Pada grafik suhu permukaan pada Tahun 2015 terlihat rata-rata suhu permukaan semakin tinggi secara berturut-turut pada kelas jalan, permukiman, dan industri. Hal serupa juga terlihat pada grafik suhu permukaan Tahun 2001, namun pada kelas industri suhu permukaan mengalami penurunan. Penurunan tersebut dimungkinkan karena jumlah sampel industri yang relatif sedikit, disamping dimungkinkan pula suhu tersebut akibat adanya pengaruh suhu tutupan lahan sekitar yang bukan industri, misalnya badan air.

Permukaan daerah perkotaan terdiri dari beton dan semen yang memiliki konduktivitas kalor sekitar tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanah berpasir yang basah. Hal tersebut dapat mengakibatkan permukaan kota menerima dan menyimpan energi lebih banyak daripada pedesaan atau suburban-nya. Padatnya bangunan di perkotaan juga dapat mengubah pola aliran udara yang dapat bertindak sebagai perombak dan meningkatkan turbulensi. Bahan beton memiliki kapasitas panas yang kecil ( $C = 0,48$ ) dan konduktivitas termal yang besar ( $0,011$ ). Hal inilah yang menyebabkan beton cepat menjadi panas dan suhunya cepat meningkat (Adiningsih, 2001). Permukaan beton dapat mewakili jenis penutup lahan industri maupun permukiman. Oleh karena itulah mengapa pola

suhu permukaan yang tinggi cenderung terkonsentrasi pada kelas penutup lahan tersebut.

Keadaan di kota dengan bangunan-bangunan bertingkat dan tingkat pencemaran udara yang tinggi dapat menyebabkan timbulnya suatu “kubah debu” (*dust dome*), yaitu semacam selubung polutan (debu dan asap) yang menyelimuti kota. Hal ini disebabkan oleh pola sirkulasi atmosfer di atas kota yang unik dan mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu yang tajam antara kawasan perkotaan terhadap daerah di sekitarnya. Sehingga kecenderungan yang akan terjadi adalah suhu panas terkonsentrasi di atas kawasan perkotaan, sedangkan suhu rendah berada di sekitar perkotaan tersebut. Hal demikian dapat diamati misalnya pada kawasan industri dan pergudangan di daerah Rungkut dan Asemrowo, serta kawasan pusat perkotaan di Surabaya.

Berdasarkan hasil temuan analisis diketahui bahwa peningkatan kerapatan lahan terbangun berperan besar dalam meningkatkan suhu di Kota Surabaya. Selama periode Tahun 2001 sampai dengan Tahun 2015 terjadi peningkatan rata-rata kerapatan lahan terbangun di Kota Surabaya. Peningkatan tersebut ditandai dengan meluasnya area permukiman serta industri dan pergudangan secara horizontal. Sehingga permukaan lahan tak terbangun seperti badan air dan lahan bervegetasi tergantikan oleh permukaan lahan terbangun. Akibatnya, kawasan yang dulunya bersuhu rendah kini cenderung bersuhu relatif lebih tinggi.

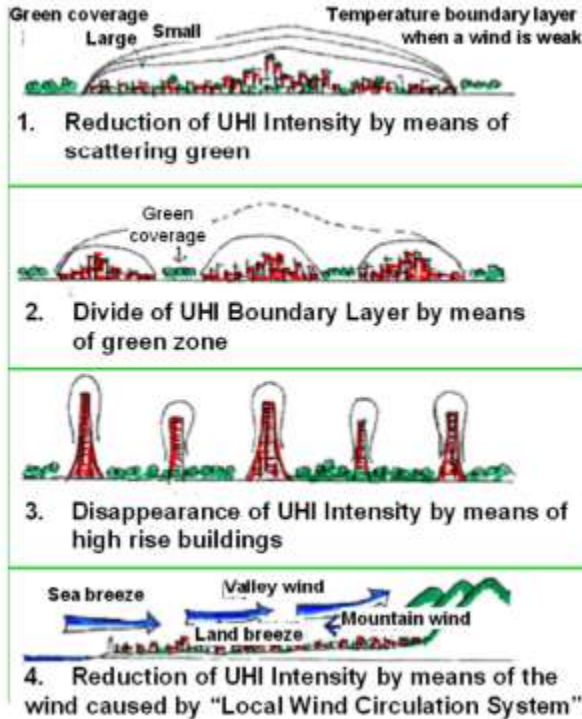
Untuk mengurangi ataupun mencegah semakin meluasnya suhu tinggi terutama di Kota Surabaya, pembangunan hendaknya mulai diarahkan secara vertikal dan mengendalikan pembangunan secara horizontal. Berkembangnya kawasan perkotaan secara horizontal perlu untuk dikendalikan agar lahan tak terbangun, yaitu badan air dan lahan bervegetasi yang mempunyai efek meredam suhu tidak tergantikan oleh lahan terbangun yang cenderung menyebabkan suhu tinggi. Sebuah kota yang dibangun dengan sistem *compact city* dapat mengurangi tingginya rata-rata suhu permukaan (Pamungkas dalam Jawa Pos, 2016). Hal tersebut dikarenakan *compact city* menawarkan ide pembangunan kota secara vertikal pada titik-titik yang menjadi pusat kegiatan di kawasan perkotaan. Pembangunan kota secara vertikal tersebut dimaksudkan untuk menekan meluasnya lahan terbangun yang menyebabkan kota berkembang secara horizontal sehingga suhu tinggi pun semakin meluas.

Perluasan lahan terbangun di Kota Surabaya dengan berbagai jenis penggunaan lahan yang terjadi secara horizontal menjadikan ketersediaan sumberdaya lahan semakin cepat berkurang. Demikian halnya ruang terbuka hijau (RTH) yang berfungsi sebagai reduktor suhu juga semakin berkurang. Untuk menjaga ketersediaan RTH di kawasan perkotaan maka *compact city* dapat menjadi solusi dalam penyediaan RTH yang cukup di kawasan perkotaan. Hal tersebut dikarenakan *compact city* berkaitan erat dengan penggunaan lahan campuran (*mixed-use*). Penggunaan lahan campuran pada tata guna lahan perkotaan dapat diartikan sebagai sebuah intensifikasi (efisiensi intensitas penggunaan), *interweaving* (area atau gedung yang multifungsi),

dan beberapa penggunaan lahan dalam waktu yang bersamaan (Febri, 2012). Dengan letak tata guna lahan campuran yang terintegrasi, akses dari satu tata guna lahan campuran ke tata guna lahan campuran lain dapat dijangkau hanya dengan berjalan kaki (*walkable*). Kesemuanya itu bertujuan agar dapat mendorong efisiensi tata guna dan sumberdaya lahan. Sehingga, berkembangnya kawasan perkotaan secara horizontal, yang menyebabkan meningkatnya rata-rata kerapatan lahan terbangun dapat dikendalikan.

Sementara itu, Moriyama (2012) dalam penelitiannya mengusulkan model *Compact Eco-City* sebagai upaya memitigasi UHI maupun mengatasi berbagai permasalahan lingkungan lainnya di Kota Osaka, Jepang. Lebih lanjut, ia menyebutkan beberapa upaya yang dapat dilakukan dalam mereduksi intensitas UHI, antara lain:

1. Pengurangan intensitas UHI dengan cara pembuatan ruang terbuka hijau, *cool roofs*, dan *cool pavements*.
2. Membagi tutupan UHI dalam beberapa *boundary layer* dengan sabuk hijau (*green belt*) maupun permukaan badan air (sungai, danau dan lain-lain).
3. Mengeliminasi UHI melalui kombinasi dari bangunan-bangunan tinggi dan permukaan natural bumi (ruang terbuka hijau).
4. Pengurangan UHI melalui pengaturan sistem sirkulasi angin lokal.

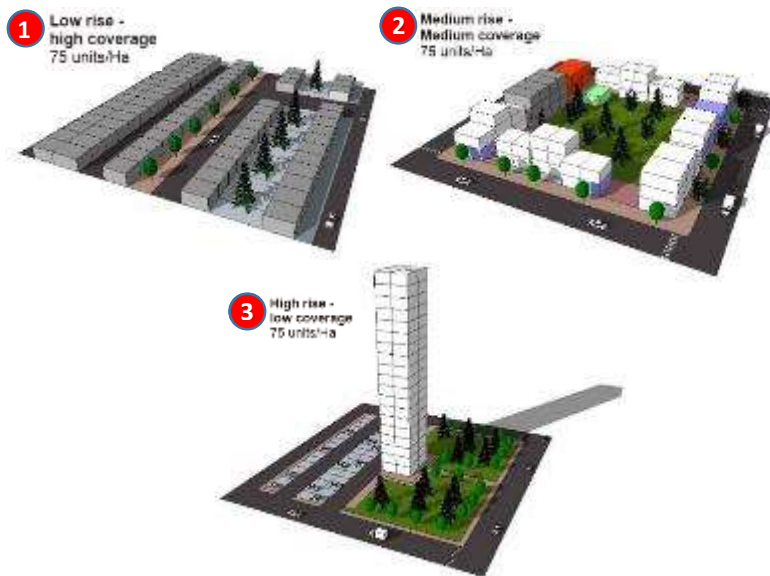


**Gambar 4.38** Beberapa Upaya Mitigasi Fenomena UHI di Kawasan Perkotaan

Sumber: Moriyama, 2012

Dengan menerapkan *compact city*, kebutuhan akan lahan, seperti untuk kepentingan pembuatan gedung maupun tempat parkir pada kawasan pusat perkotaan, akan dapat dikurangi. Karena dengan penggunaan lahan yang *mix-used* pada *compact city* memungkinkan agar dapat menampung berbagai jenis kegiatan dalam suatu bidang lahan bahkan pada waktu yang bersamaan. Pada akhirnya, lahan-lahan sisa yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan sebagai ruang terbuka umum,

seperti taman maupun hutan kota yang berfungsi untuk mengamankan maupun menjaga kota dari permasalahan lingkungan kota, seperti banjir, maupun fenomena pulau panas perkotaan (*urban heat island*). Pada gambar ilustrasi berikut ini terlihat bahwa dengan pembangunan secara vertikal memungkinkan penyediaan RTH yang cukup pada suatu bidang lahan.



**Gambar 4.39** Ilustrasi Beberapa Macam Kepadatan Bangunan  
Sumber: Urban Task Force, 1999 (Modifikasi Penulis, 2016)

Lebih jauh, Pamungkas dalam Jawa Pos (2016) mengatakan bahwa untuk dapat menerapkan *compact city* di Kota Surabaya, terdapat dua prinsip yang harus diterapkan, yaitu *Transit Oriented Development* (TOD) dan *Pedestrian Oriented Development* (POD). TOD adalah prinsip pembangunan kota

yang terpusat pada kawasan-kawasan di sekitar tempat transit berbagai moda transportasi publik, seperti terminal, halte, dan stasiun. Dengan sistem tersebut, masyarakat dapat berjalan ke tempat yang dituju hanya dengan berjalan kaki. Pada kondisi faktual di Kota Surabaya, pusat bisnis tidak dibangun di dekat transit angkutan umum, sehingga masyarakat cenderung membawa kendaraan pribadi masing-masing. Hal yang demikianlah yang mengakibatkan emisi cenderung tinggi. Dengan menerapkan prinsip TOD dan POD maka dapat tercipta sistem transportasi publik yang efisien dan wajah perkotaan yang lekat dengan banyaknya jalur pedestrian dan sepeda. Sehingga hal tersebut dapat mengurangi pemakaian kendaraan bermotor yang menghasilkan banyak emisi yang juga menyebabkan suhu tinggi.





Tingginya suhu permukaan di kawasan perkotaan juga dapat dikurangi dengan menerapkan pembangunan secara vertikal dan tertata. Sehingga tingginya rata-rata kerapatan lahan terbangun sebagai penyebab UHI, akibat perkembangan kota yang horizontal, dapat dikurangi. Penataan bangunan tinggi diatur sedemikian rupa sehingga *Sky View Factor* (SVF) pada kawasan tersebut dapat berpengaruh dalam mereduksi UHI. Semakin besar nilai SVF suatu kawasan (semakin mendekati angka 1) maka akan berpengaruh dalam menurunkan suhu di kawasan tersebut.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Lampiran A:**

**Form Verifikasi Jenis Tutupan Lahan**

No.	Piksel Sampel /Label	Koordinat Titik Amatan		Jenis Tutupan Lahan		Foto	Ket
		X	Y	Hasil Klasifikasi Citra Landsat Kota Surabaya 2015	Hasil Observasi		
1	LB14	697585	9196758	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
2	LB15	696608	9195726	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
3	LB13	697566	9196180	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
4	LB12	692440	9196336	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar

5	P8	691192	9195697	Permukiman	Permukiman		Benar
6	P41	692003	9191458	Permukiman	Permukiman		Benar
7	P42	692420	9191892	Permukiman	Permukiman		Benar
8	LB16	690474	9194442	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
9	P37	690578	9188803	Permukiman	Permukiman		Benar

10	P35	690220	9188703	Permukiman	Permukiman		Benar
11	P20	690219	9188701	Permukiman	Permukiman		Benar
12	P2	686923	9200876	Permukiman	Industri		Salah
13	P39	692568	9190291	Permukiman	Permukiman		Benar
14	P38	692655	9189998	Permukiman	Permukiman		Benar

15	BA9	694996	9198158	Tambak	Jalan		Salah
16	I2	695832	9198158	Industri	Industri		Benar
17	LB7	694041	9199725	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
18	P48	693978	9200165	Permukiman	Lahan Bervegetasi		Salah
19	P13	689846	9196289	Permukiman	Permukiman		Benar

20	P14	690083	9196918	Permukiman	Permukiman		Benar
21	P15	690237	9196916	Permukiman	Permukiman		Benar
22	BA1	689838	9191832	Badan Air	Sungai		Benar
23	P28	687314	9190721	Permukiman	Permukiman		Benar
24	P30	687371	9188462	Permukiman	Permukiman		Benar

25	LB25	687678	9189002	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
26	P32	686479	9189508	Permukiman	Permukiman		Benar
27	P31	685136	9189143	Permukiman	Permukiman		Benar
28	LB24	685070	9189501	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
29	P25	685420	9191153	Permukiman	Permukiman		Benar

30	P29	683968	9191962	Permukiman	Permukiman		Benar
31	LB22	684746	9191495	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
32	BA12	685261	9192441	Tambak	Lahan Bervegetasi		Salah
33	P6	681446	9193498	Permukiman	Permukiman		Benar
34	LB20	680046	9195204	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar

35	P5	680654	9196119	Permukiman	Lahan Bervegetasi		Salah
36	LB21	681236	9195545	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
37	P4	682506	9196638	Permukiman	Permukiman		Benar
38	P11	683427	9196095	Permukiman	Permukiman		Benar
39	P12	683963	9196161	Permukiman	Permukiman		Benar



40	P10	684322	9196157	Permukiman	Permukiman		Benar
41	P46	683948	9196242	Permukiman	Permukiman		Benar
42	P49	692958	9200457	Permukiman	Permukiman		Benar
43	P47	692262	9200028	Permukiman	Permukiman		Benar
44	P18	691781	9199541	Permukiman	Permukiman		Benar

45	P22	691099	9201458	Permukiman	Permukiman		Benar
46	P17	689536	9197662	Permukiman	Permukiman		Benar
47	P9	689248	9195806	Permukiman	Permukiman		Benar
48	J1	688688	9194130	Jalan	Jalan		Benar
49	P7	689322	9193376	Permukiman	Permukiman		Benar

50	P23	689195	9192155	Permukiman	Permukiman		Benar
51	P16	685279	9197315	Permukiman	Permukiman		Benar
52	LB11	680690	9198677	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
53	LB9	679770	9199209	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
54	P19	679909	9199898	Permukiman	Permukiman		Benar

55	LB10	679052	9200003	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
56	P1	676239	9201291	Permukiman	Tambak		Salah
57	LB4	675990	9201432	Lahan Bervegetasi	Tambak		Salah
58	BA8	682695	9198288	Tambak	Tambak		Benar
59	I1	682031	9203230	Industri	Tambak		Salah

60	LB1	683812	9203928	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
61	LB3	683476	9202595	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
62	BA5	687248	9199499	Tambak	Tambak		Benar
63	I3	686436	9198411	Industri	Industri		Benar
64	P50	697564	9194673	Permukiman	Permukiman		Benar

65	BA4	695403	9200126	Tambak	Jalan		Salah
66	BA2	694690	9203369	Tambak	Tambak		Benar
67	P3	697410	9198473	Permukiman	Lahan Bervegetasi		Salah
68	P45	692526	9197241	Permukiman	Permukiman		Benar
69	J5	690973	9188562	Jalan	Jalan		Benar

70	J4	694258	9189943	Jalan	Jalan		Benar
71	P27	694545	9188961	Permukiman	Industri		Salah
72	P36	696181	9188724	Permukiman	Permukiman		Benar
73	P34	696213	9188614	Permukiman	Permukiman		Benar
74	P33	698322	9188513	Permukiman	Permukiman		Benar

75	P40	696023	9190529	Permukiman	Permukiman		Benar
76	P24	697631	9191762	Permukiman	Permukiman		Benar
77	LB19	697892	9192224	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
78	J3	699049	9192367	Jalan	Tambak		Salah
79	LB18	695139	9193053	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar




80	P43	695156	9193271	Permukiman	Permukiman		Benar
81	P44	694537	9194628	Permukiman	Permukiman		Benar
82	LB17	687447	9193706	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
83	BA10	681046	9193436	Tambak/Badan Air	Tambak/Badan Air		Benar
84	BA14	701190	9194134	Tambak	Tambak		Benar

85	BA15	702319	9195408	Tambak	Tambak		Benar
86	BA11	702250	9192487	Tambak	Tambak		Benar
87	BA13	701341	9191841	Tambak	Tambak		Benar
88	BA16	701718	9190728	Tambak	Tambak		Benar
89	LB23	703381	9191383	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar

90	P26	700631	9190910	Permukiman	Tambak		Salah
91	LB26	701481	9188340	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
92	LB8	682841	9199192	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
93	LB6	682324	9199881	Lahan Bervegetasi	Lahan Bervegetasi		Benar
94	P21	680227	9200543	Permukiman	Tambak		Salah

95	BA3	680272	9201234	Tambak	Tambak		Benar
96	LB5	697541	9194667	Lahan Bervegetasi	Tambak		Salah
97	LB2	676741	9202110	Lahan Bervegetasi	Tambak		Salah
98	BA7	679841	9202931	Tambak	Tambak		Benar
99	BA6	681743	9199691	Tambak	Tambak		Benar

100	J2	688458	9193710	Jalan	Jalan		Benar
-----	----	--------	---------	-------	-------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**Lampiran B**

**1. Data Analisis Korelasi dan Regresi NDVI, NDBI, Tutupan Lahan, dan Suhu Permukaan Tahun 2001**

No	NDVI	NDBI	Tutupan Lahan	Suhu Permukaan	D1	D2	D3	D4
1	-0,245377	-0,736969	1	24,441946	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0,042374	-0,714704	1	25,887897	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-0,173631	-0,728511	1	30,501488	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0,300800	-0,748221	1	24,302238	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0,152915	-0,693778	1	26,659519	0.00	0.00	0.00	0.00
6	-0,047686	-0,710528	1	26,274345	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0,371414	-0,588744	2	23,515453	1.00	0.00	0.00	0.00
8	-0,008878	-0,449094	1	30,261280	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0,185066	-0,613232	1	25,611305	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0,178470	-0,045257	4	23,769047	0.00	0.00	1.00	0.00
11	0,190689	-0,198103	4	26,797169	0.00	0.00	1.00	0.00
12	0,161964	-0,436119	1	25,111111	0.00	0.00	0.00	0.00
13	-0,033675	-0,672729	1	25,361898	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0,319922	-0,404756	2	24,972324	1.00	0.00	0.00	0.00
15	0,004542	-0,549486	1	23,374634	0.00	0.00	0.00	0.00
16	-0,011144	-0,585515	1	24,442013	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0,251318	-0,274008	4	25,222767	0.00	0.00	1.00	0.00
18	0,343163	-0,372530	2	29,753132	1.00	0.00	0.00	0.00
19	0,302605	-0,329149	4	23,374741	0.00	0.00	1.00	0.00
20	0,378530	-0,478412	2	27,180876	1.00	0.00	0.00	0.00
21	0,399883	-0,501069	2	27,835499	1.00	0.00	0.00	0.00
22	0,028269	-0,737147	1	26,025986	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0,080280	-0,130076	4	30,767761	0.00	0.00	1.00	0.00
24	0,217909	-0,169375	4	28,486555	0.00	0.00	1.00	0.00
25	0,072786	-0,056917	5	22,837364	0.00	0.00	0.00	1.00
26	0,196352	-0,250801	3	24,972511	0.00	1.00	0.00	0.00
27	0,255430	-0,258816	4	22,837582	0.00	0.00	1.00	0.00
28	0,026655	-0,797556	1	23,515408	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0,443696	-0,635437	2	26,274521	1.00	0.00	0.00	0.00
30	0,211715	-0,115332	4	25,888042	0.00	0.00	1.00	0.00
31	0,310365	-0,338210	1	28,106888	0.00	0.00	0.00	0.00
32	0,405238	-0,452863	2	26,412195	1.00	0.00	0.00	0.00
33	0,420400	-0,471315	2	27,180763	1.00	0.00	0.00	0.00
34	0,263791	-0,348182	4	27,971344	0.00	0.00	1.00	0.00
35	0,277910	-0,350509	2	27,317541	1.00	0.00	0.00	0.00

36	0,332307	-0,219721	4	27,835470	0.00	0.00	1.00	0.00
37	0,330763	-0,316469	2	23,909554	1.00	0.00	0.00	0.00
38	0,153523	-0,693274	1	25,500626	0.00	0.00	0.00	0.00
39	0,384869	-0,440855	2	28,730377	1.00	0.00	0.00	0.00
40	0,199358	-0,528110	1	27,835686	0.00	0.00	0.00	0.00
41	-0,117746	-0,858354	1	28,351482	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0,337503	-0,410371	2	29,619293	1.00	0.00	0.00	0.00
43	0,452335	-0,605676	2	26,412468	1.00	0.00	0.00	0.00
44	0,046829	-0,066443	4	27,454075	0.00	0.00	1.00	0.00
45	0,094266	-0,049557	3	26,797247	0.00	1.00	0.00	0.00
46	0,335434	-0,370453	2	27,453827	1.00	0.00	0.00	0.00
47	0,326282	-0,418757	2	23,909811	1.00	0.00	0.00	0.00
48	0,166101	-0,088929	4	26,412308	0.00	0.00	1.00	0.00
49	0,059958	0,005553	4	27,699368	0.00	0.00	1.00	0.00
50	0,093606	-0,062942	4	23,515850	0.00	0.00	1.00	0.00
51	0,124576	-0,061191	4	24,581860	0.00	0.00	1.00	0.00
52	0,161799	-0,159001	3	26,796974	0.00	1.00	0.00	0.00
53	0,086761	-0,124375	3	26,659931	0.00	1.00	0.00	0.00
54	0,005392	-0,103833	3	28,730358	0.00	1.00	0.00	0.00
55	0,154835	-0,100510	4	28,730513	0.00	0.00	1.00	0.00
56	0,131363	-0,294871	4	28,216061	0.00	0.00	1.00	0.00
57	0,014764	-0,470381	1	28,730543	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0,143260	-0,121198	4	30,767553	0.00	0.00	1.00	0.00
59	0,482633	-0,552965	2	29,886787	1.00	0.00	0.00	0.00
60	0,392188	-0,427095	2	28,216064	1.00	0.00	0.00	0.00
61	0,066252	-0,616208	5	26,797153	0.00	0.00	0.00	1.00
62	0,175546	-0,116444	4	29,618973	0.00	0.00	1.00	0.00
63	0,288347	-0,545452	1	31,271900	0.00	0.00	0.00	0.00
64	0,507169	-0,605549	2	30,634624	1.00	0.00	0.00	0.00
65	0,119905	-0,623449	1	30,394587	0.00	0.00	0.00	0.00
66	-0,100796	-0,827192	1	27,589731	0.00	0.00	0.00	0.00
67	0,310046	-0,351157	2	31,271933	1.00	0.00	0.00	0.00
68	0,320684	-0,318105	4	30,127672	0.00	0.00	1.00	0.00
69	0,275242	-0,369272	1	30,127834	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0,311840	-0,692495	1	28,999878	0.00	0.00	0.00	0.00
71	0,215190	-0,453521	4	26,411961	0.00	0.00	1.00	0.00
72	0,340483	-0,454647	2	29,886845	1.00	0.00	0.00	0.00
73	-0,042613	-0,850320	1	28,351372	0.00	0.00	0.00	0.00
74	0,255430	-0,284301	2	26,274952	1.00	0.00	0.00	0.00
75	0,090011	-0,141968	1	27,971355	0.00	0.00	0.00	0.00
76	0,172898	-0,305016	4	26,797089	0.00	0.00	1.00	0.00
77	0,236612	-0,274008	4	32,011757	0.00	0.00	1.00	0.00
78	0,136494	-0,211374	1	28,999928	0.00	0.00	0.00	0.00



79	0,433416	-0,775580	2	29,619064	1.00	0.00	0.00	0.00
80	0,117869	-0,342158	1	27,699207	0.00	0.00	0.00	0.00
81	0,384869	-0,451251	2	25,750095	1.00	0.00	0.00	0.00
82	0,283881	-0,395237	2	26,797100	1.00	0.00	0.00	0.00
83	0,323095	-0,216992	2	28,486797	1.00	0.00	0.00	0.00
84	0,211766	-0,176038	4	30,634775	0.00	0.00	1.00	0.00
85	0,255430	-0,347978	2	25,888145	1.00	0.00	0.00	0.00
86	0,186731	-0,096494	1	30,767723	0.00	0.00	0.00	0.00
87	0,100537	-0,152932	4	29,377016	0.00	0.00	1.00	0.00
88	0,211821	-0,393031	3	28,351416	0.00	1.00	0.00	0.00
89	0,138027	-0,063882	4	29,377058	0.00	0.00	1.00	0.00
90	0,256708	-0,186737	1	28,865379	0.00	0.00	0.00	0.00
91	0,166569	-0,209633	4	29,753063	0.00	0.00	1.00	0.00
92	0,087228	-0,041313	4	30,261288	0.00	0.00	1.00	0.00
93	0,139370	-0,068918	4	29,886841	0.00	0.00	1.00	0.00
94	0,112324	-0,113983	4	30,394573	0.00	0.00	1.00	0.00
95	0,129808	-0,022270	4	29,377048	0.00	0.00	1.00	0.00
96	0,105373	-0,026435	4	30,767620	0.00	0.00	1.00	0.00
97	0,025410	0,026020	4	31,271866	0.00	0.00	1.00	0.00
98	0,263940	-0,323499	4	29,511314	0.00	0.00	1.00	0.00
99	0,073420	-0,049557	4	30,394527	0.00	0.00	1.00	0.00
100	0,211669	-0,201648	4	28,595150	0.00	0.00	1.00	0.00

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

## 2. Data Analisis Korelasi dan Regresi NDVI, NDBI, Tutupan Lahan, dan Suhu Permukaan Tahun 2015

No	NDVI	NDBI	Tutupan Lahan	Suhu Permukaan	TL1	TL2	TL3	TL4
1	0,450425	-0,692742	2	28,719875	1.00	0.00	0.00	0.00
2	0,002835	-0,544962	1	30,137745	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0,052699	-0,183440	1	29,276062	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0,336457	-0,324961	1	29,949896	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0,528249	-0,703653	2	26,680962	1.00	0.00	0.00	0.00
6	0,490784	-0,526016	1	28,855030	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0,231127	-0,244849	1	28,798130	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0,094195	-0,101801	1	33,326481	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0,371315	-0,476755	1	28,773876	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0,101810	-0,118094	5	32,797340	0.00	0.00	0.00	1.00
11	0,184826	0,028184	3	30,979584	0.00	1.00	0.00	0.00
12	0,281218	-0,324155	2	29,449741	1.00	0.00	0.00	0.00
13	0,053129	-0,487339	1	29,839176	0.00	0.00	0.00	0.00

14	0,245816	-0,269905	2	32,740692	1.00	0.00	0.00	0.00
15	0,028729	-0,810674	1	28,411140	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0,021446	-0,488816	1	29,510918	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0,366619	-0,354656	2	29,654594	1.00	0.00	0.00	0.00
18	0,414114	-0,385791	2	30,324680	1.00	0.00	0.00	0.00
19	0,493663	-0,483134	2	29,492332	1.00	0.00	0.00	0.00
20	0,201523	-0,207388	2	29,584602	1.00	0.00	0.00	0.00
21	0,452095	-0,426859	2	30,077614	1.00	0.00	0.00	0.00
22	0,101190	-0,606437	1	27,060556	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0,116282	0,018288	3	32,360600	0.00	1.00	0.00	0.00
24	0,089159	0,055525	5	31,870724	0.00	0.00	0.00	1.00
25	0,040324	0,053609	5	33,136887	0.00	0.00	0.00	1.00
26	0,234751	-0,200942	4	31,927876	0.00	0.00	1.00	0.00
27	0,567575	-0,643796	2	28,384026	1.00	0.00	0.00	0.00
28	0,357935	-0,337728	2	29,475006	1.00	0.00	0.00	0.00
29	0,485959	-0,590307	2	28,484070	1.00	0.00	0.00	0.00
30	0,284633	-0,130779	2	31,541740	1.00	0.00	0.00	0.00
31	0,194214	-0,079584	2	32,474213	1.00	0.00	0.00	0.00
32	0,472294	-0,404459	2	31,556374	1.00	0.00	0.00	0.00
33	0,245253	-0,233090	3	31,229712	0.00	1.00	0.00	0.00
34	0,425107	-0,456661	2	30,512348	1.00	0.00	0.00	0.00
35	0,292479	-0,303100	3	31,651409	0.00	1.00	0.00	0.00
36	0,234136	-0,199642	4	30,076345	0.00	0.00	1.00	0.00
37	0,173897	-0,166779	4	31,107891	0.00	0.00	1.00	0.00
38	0,122467	-0,534518	1	27,494825	0.00	0.00	0.00	0.00
39	0,418234	-0,342335	2	31,229782	1.00	0.00	0.00	0.00
40	0,264217	-0,297369	1	29,053549	0.00	0.00	0.00	0.00
41	0,188328	-0,770382	1	26,047369	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0,220949	-0,056342	2	33,961910	1.00	0.00	0.00	0.00
43	0,563748	-0,531664	2	29,698910	1.00	0.00	0.00	0.00
44	0,125887	0,000679	4	32,508064	0.00	0.00	1.00	0.00
45	0,109208	0,032736	4	32,464733	0.00	0.00	1.00	0.00
46	0,180638	-0,066735	4	32,155296	0.00	0.00	1.00	0.00
47	0,304198	-0,233830	4	31,885548	0.00	0.00	1.00	0.00
48	0,154510	-0,036082	4	32,906075	0.00	0.00	1.00	0.00
49	0,133105	-0,005646	4	32,117393	0.00	0.00	1.00	0.00
50	0,161605	-0,024543	4	32,984123	0.00	0.00	1.00	0.00
51	0,132417	0,009876	4	33,442093	0.00	0.00	1.00	0.00
52	0,151183	-0,074578	4	32,400532	0.00	0.00	1.00	0.00
53	0,126636	-0,129401	4	32,213062	0.00	0.00	1.00	0.00
54	0,159849	-0,150631	4	31,684990	0.00	0.00	1.00	0.00
55	0,200989	-0,091965	4	32,683609	0.00	0.00	1.00	0.00
56	0,074519	-0,118866	4	32,629253	0.00	0.00	1.00	0.00

57	0,167784	-0,102850	1	31,705132	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0,231229	-0,195773	4	30,918268	0.00	0.00	1.00	0.00
59	0,375734	-0,257704	2	32,031307	1.00	0.00	0.00	0.00
60	0,349205	-0,379426	2	31,247007	1.00	0.00	0.00	0.00
61	0,175922	-0,303269	1	27,231499	0.00	0.00	0.00	0.00
62	0,184089	0,002377	4	31,474411	0.00	0.00	1.00	0.00
63	0,202098	-0,595103	1	27,558613	0.00	0.00	0.00	0.00
64	0,260245	-0,257794	4	29,966606	0.00	0.00	1.00	0.00
65	0,262472	-0,447754	1	27,662062	0.00	0.00	0.00	0.00
66	-0,314055	-0,663561	1	23,649975	0.00	0.00	0.00	0.00
67	0,259847	-0,170425	4	31,030224	0.00	0.00	1.00	0.00
68	0,390895	-0,318374	2	29,264818	1.00	0.00	0.00	0.00
69	0,164620	-0,070177	1	31,551270	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0,341021	-0,500979	2	26,955923	1.00	0.00	0.00	0.00
71	0,342678	-0,352973	3	30,400089	0.00	1.00	0.00	0.00
72	0,309882	-0,256829	2	29,906994	1.00	0.00	0.00	0.00
73	0,157231	-0,111693	1	27,355934	0.00	0.00	0.00	0.00
74	0,303803	-0,222744	2	32,824310	1.00	0.00	0.00	0.00
75	0,119686	0,015429	5	33,858284	0.00	0.00	0.00	1.00
76	0,283876	-0,318583	4	31,722019	0.00	0.00	1.00	0.00
77	0,187042	-0,041149	4	32,129791	0.00	0.00	1.00	0.00
78	0,194747	-0,144612	3	31,731213	0.00	1.00	0.00	0.00
79	0,494539	-0,703403	2	24,786287	1.00	0.00	0.00	0.00
80	0,256658	-0,239064	4	32,249714	0.00	0.00	1.00	0.00
81	0,228613	-0,146780	4	29,564018	0.00	0.00	1.00	0.00
82	0,179692	-0,162576	4	30,640226	0.00	0.00	1.00	0.00
83	0,209470	-0,105796	4	31,101192	0.00	0.00	1.00	0.00
84	0,246502	-0,134264	4	32,471046	0.00	0.00	1.00	0.00
85	0,235416	-0,295392	4	30,381819	0.00	0.00	1.00	0.00
86	0,230695	-0,105994	4	32,838333	0.00	0.00	1.00	0.00
87	0,121023	-0,022004	4	32,532848	0.00	0.00	1.00	0.00
88	0,252987	-0,323177	4	30,858398	0.00	0.00	1.00	0.00
89	0,152137	-0,061739	4	31,127060	0.00	0.00	1.00	0.00
90	0,164851	-0,045119	4	31,660690	0.00	0.00	1.00	0.00
91	0,098440	-0,014540	4	31,211884	0.00	0.00	1.00	0.00
92	0,097885	0,014336	4	31,869661	0.00	0.00	1.00	0.00
93	0,125650	-0,084591	4	31,393616	0.00	0.00	1.00	0.00
94	0,105319	0,012361	4	33,491253	0.00	0.00	1.00	0.00
95	0,211224	0,006591	4	31,464085	0.00	0.00	1.00	0.00
96	0,118310	0,019061	4	32,253769	0.00	0.00	1.00	0.00
97	0,098540	0,070597	4	32,666264	0.00	0.00	1.00	0.00
98	0,138838	-0,126912	2	33,386497	1.00	0.00	0.00	0.00
99	0,123708	-0,035579	4	31,875793	0.00	0.00	1.00	0.00

100	0,136568	0,019642	4	31,558451	0.00	0.00	1.00	0.00
-----	----------	----------	---	-----------	------	------	------	------

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

**3. Data Analisis Korelasi dan Regresi Perubahan NDVI, NDBI, Tutupan Lahan, dan Suhu Permukaan Tahun 2001**

No	deltaNDVI	deltaNDBI	deltaTutupan Lahan	deltaSuhu Permukaan
1	0,695802	0,044227	0.00	5,882511
2	0,045208	0,169741	1.00	4,914978
3	0,226331	0,545070	0.00	4,834116
4	0,035656	0,423260	1.00	4,977385
5	0,375333	-0,009875	0.00	3,843380
6	0,538470	0,184512	1.00	5,339622
7	-0,140287	0,343895	1.00	4,216270
8	0,103072	0,347292	0.00	7,438583
9	0,186248	0,136477	1.00	2,499355
10	-0,076659	-0,072837	1.00	6,000366
11	-0,005862	0,226287	1.00	0,478096
12	0,119254	0,111965	0.00	3,561699
13	0,086805	0,185390	0.00	5,536938
14	-0,074107	0,134851	0.00	4,633804
15	0,024187	-0,261188	0.00	1,751621
16	0,032590	0,096699	0.00	3,236572
17	0,115301	-0,080648	0.00	3,242399
18	0,070952	-0,013262	0.00	3,143917
19	0,191058	-0,153985	0.00	1,520988
20	-0,177007	0,271024	1.00	2,924671
21	0,052212	0,074210	0.00	2,760073
22	0,072921	0,130710	0.00	3,545103
23	0,036003	0,148364	1.00	2,099319
24	-0,128750	0,224900	0.00	2,117592
25	-0,032462	0,110526	0.00	9,762146
26	0,038399	0,049859	0.00	3,197517
27	0,312145	-0,384980	0.00	0,548555
28	0,331280	0,459827	0.00	5,565453
29	0,042263	0,045130	0.00	2,983444
30	0,072918	-0,015447	0.00	2,811363
31	-0,116150	0,258626	1.00	3,743700
32	0,067055	0,048404	0.00	3,720688
33	-0,175148	0,238225	0.00	4,048836
34	0,161317	-0,108480	0.00	2,160866

35	0,014569	0,047408	0.00	3,815910
36	-0,098171	0,020078	0.00	1,860285
37	-0,156866	0,149690	0.00	2,377348
38	-0,031055	0,158755	0.00	1,883520
39	0,033366	0,098521	0.00	1,610489
40	0,064858	0,230741	1.00	3,027563
41	0,306075	0,087972	0.00	2,278322
42	-0,116554	0,354029	1.00	7,164742
43	0,111413	0,074012	0.00	3,286442
44	0,079057	0,067122	0.00	1,740511
45	0,014942	0,082293	0.00	2,577946
46	-0,154796	0,303718	0.00	3,939232
47	-0,022083	0,184927	0.00	5,088394
48	-0,011591	0,052847	0.00	3,287102
49	0,073148	-0,011199	0.00	0,845493
50	0,068000	0,038399	0.00	2,349499
51	0,007841	0,071067	0.00	3,047506
52	-0,010616	0,084423	0.00	4,810801
53	0,039874	-0,005026	0.00	0,941130
54	0,154457	-0,046797	0.00	1,557318
55	0,046154	0,008545	0.00	2,555775
56	-0,056845	0,176005	0.00	3,629375
57	0,153021	0,367530	1.00	5,293171
58	0,087969	-0,074575	0.00	1,031424
59	-0,106899	0,295261	0.00	4,577232
60	-0,042983	0,047669	0.00	4,449760
61	0,109670	0,312939	0.00	2,120388
62	0,008543	0,118821	0.00	3,123039
63	-0,086250	-0,049652	0.00	2,196714
64	-0,246925	0,347754	0.00	3,691654
65	0,142567	0,175695	0.00	2,689737
66	-0,213259	0,163632	0.00	0,275341
67	-0,050199	0,180733	0.00	3,058868
68	0,070211	-0,000269	0.00	1,810991
69	-0,110622	0,299096	1.00	4,754181
70	0,029181	0,191515	0.00	3,046112
71	0,127488	0,100548	0.00	-0,367672
72	-0,030600	0,197819	0.00	3,494686
73	0,199843	0,738627	0.00	2,913921
74	0,048373	0,061557	0.00	5,124943
75	0,029675	0,157397	1.00	1,846527
76	0,110979	-0,013567	0.00	2,722092
77	-0,049570	0,232859	0.00	2,510727

78	0,058253	0,066761	0.00	3,244658
79	0,061123	0,072177	0.00	1,270437
80	0,138789	0,103095	0.00	4,550507
81	-0,156256	0,304471	0.00	3,813923
82	-0,104189	0,232661	0.00	3,843126
83	-0,113625	0,111196	0.00	2,614395
84	0,034736	0,041773	0.00	1,836271
85	-0,020014	0,052586	0.00	4,493673
86	0,043964	-0,009499	0.00	2,070610
87	0,020486	0,130928	0.00	3,155832
88	0,041166	0,069854	0.00	2,506983
89	0,014110	0,002143	0.00	1,750002
90	-0,091858	0,141617	0.00	2,795311
91	-0,068130	0,195093	0.00	1,458820
92	0,010657	0,055649	0.00	1,608374
93	-0,013719	-0,015674	0.00	1,506775
94	-0,007004	0,126343	0.00	3,096680
95	0,081416	0,028861	0.00	2,087036
96	0,012937	0,045496	0.00	1,486149
97	0,073130	0,044578	0.00	1,394398
98	-0,125102	0,196587	1.00	3,875183
99	0,050289	0,013978	0.00	1,481266
100	-0,075102	0,221290	0.00	2,963301

Sumber : Hasil Pengolahan, 2016

Lampiran C

1. Lampiran Tabel SPSS Hasil Analisis Korelasi dan Regresi Tahun 2001

Pearson Correlations				
		NDVI_2001	NDBI_2001	Suhu_Permukaan_2001
		1	1	
NDVI_2001	Pearson Correlation	1	.013	.079
	Sig. (2-tailed)		.898	.432
	N	100	100	100
NDBI_2001	Pearson Correlation	.013	1	.844**
	Sig. (2-tailed)	.898		.000
	N	100	100	100
Suhu_Permukaan_2001	Pearson Correlation	.079	.844**	1
	Sig. (2-tailed)	.432	.000	
	N	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Spearman's rho Correlations

			D1	D2	D3	D4	Suhu_Permukaan_2001
Spearman's rho	D1	Correlation Coefficient	1.000	-.150	-.445**	-.085	-.189
		Sig. (2-tailed)	.	.137	.000	.402	.060
		N	100	100	100	100	100
	D2	Correlation Coefficient	-.150	1.000	-.189	-.036	.188
		Sig. (2-tailed)	.137	.	.059	.721	.061
		N	100	100	100	100	100
	D3	Correlation Coefficient	-.445**	-.189	1.000	-.107	.627**
		Sig. (2-tailed)	.000	.059	.	.289	.000
		N	100	100	100	100	100



D4	Correlation Coefficient	-.085	-.036	-.107	1.000	-.198 <sup>*</sup>
	Sig. (2-tailed)	.402	.721	.289	.	.048
	N	100	100	100	100	100
Suhu_Permukaan_2001	Correlation Coefficient	-.189	.188	.627 <sup>**</sup>	-.198 <sup>*</sup>	1.000
	Sig. (2-tailed)	.060	.061	.000	.048	.
	N	100	100	100	100	100

<sup>\*\*</sup>. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

<sup>\*</sup>. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

1.1 Analisis Regresi Metode Stepwise

Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NDBI_2001		Stepwise (Criteria: Probability-of-F- to-enter <= ,050, Probability-of-F- to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.844 <sup>a</sup>	.712	.709	1.245100247273 E0

a. Predictors: (Constant), NDBI\_2001

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	375.700	1	375.700	242.344	.000 <sup>a</sup>
	Residual	151.927	98	1.550		
	Total	527.626	99			

a. Predictors: (Constant), NDBI\_2001

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	30.586	.228		134.189	.000					
NDBI_2001	8.221	.528	.844	15.567	.000	.844	.844	.844	1.000	1.000

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

Excluded Variables<sup>b</sup>

Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics		
					Tolerance	VIF	Minimum Tolerance
1 D3	.118 <sup>a</sup>	1.686	.095	.169	.590	1.695	.590

a. Predictors in the Model: (Constant), NDBI\_2001

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

1.2 Analisis Regresi Metode Enter

Variables Entered/Removed

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	D3, NDBI_2001 <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.849 <sup>a</sup>	.720	.714	1.233548173684 E0

a. Predictors: (Constant), D3, NDBI\_2001

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	380.027	2	190.014	124.874	.000 <sup>a</sup>
	Residual	147.599	97	1.522		
	Total	527.626	99			

a. Predictors: (Constant), D3, NDBI\_2001

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	30.117	.358		84.077	.000					
NDBI_2001	7.486	.681	.768	10.991	.000	.844	.745	.590	.590	1.695
D3	.564	.335	.118	1.686	.095	.610	.169	.091	.590	1.695

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2001

2. Lampiran Tabel SPSS Hasil Analisis Korelasi dan Regresi Tahun 2015

Pearson Correlations				
		NDVI_2015	NDBI_2015	Suhu_Permukaan_2015
NDVI_2015	Pearson Correlation	1	-.425**	-.204*
	Sig. (2-tailed)		.000	.042
	N	100	100	100
NDBI_2015	Pearson Correlation	-.425**	1	.790**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	100	100	100
Suhu_Permukaan_2015	Pearson Correlation	-.204*	.790**	1
	Sig. (2-tailed)	.042	.000	
	N	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## Spearman's rho Correlations

		D1	D2	D3	D4	Suhu_Permukaan_2015
Spearman's rho D1	Correlation Coefficient	1.000	-.154	-.518**	-.124	-.196
	Sig. (2-tailed)	.	.127	.000	.218	.050
	N	100	100	100	100	100
D2	Correlation Coefficient	-.154	1.000	-.215*	-.052	.048
	Sig. (2-tailed)	.127	.	.032	.610	.634
	N	100	100	100	100	100
D3	Correlation Coefficient	-.518**	-.215*	1.000	-.174	.446**
	Sig. (2-tailed)	.000	.032	.	.084	.000
	N	100	100	100	100	100

D4	Correlation Coefficient	-.124	-.052	-.174	1.000	.260**
	Sig. (2-tailed)	.218	.610	.084	.	.009
	N	100	100	100	100	100
Suhu_Permukaan_2015	Correlation Coefficient	-.196	.048	.446**	.260**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.050	.634	.000	.009	.
	N	100	100	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



## 2.1 Analisis Regresi Metode Stepwise

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	NDBI_2015		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).
2	NDVI_2015		Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

**Model Summary<sup>c</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.790 <sup>a</sup>	.625	.621	1.245418451891E0
2	.804 <sup>b</sup>	.646	.639	1.215787226453E0

a. Predictors: (Constant), NDBI\_2015

b. Predictors: (Constant), NDBI\_2015, NDVI\_2015

c. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

ANOVA<sup>c</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	253.038	1	253.038	163.138	.000 <sup>a</sup>
	Residual	152.005	98	1.551		
	Total	405.043	99			
2	Regression	261.664	2	130.832	88.511	.000 <sup>b</sup>
	Residual	143.379	97	1.478		
	Total	405.043	99			

- a. Predictors: (Constant), NDBI\_2015
- b. Predictors: (Constant), NDBI\_2015, NDVI\_2015
- c. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

Coefficients<sup>a</sup>

		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	32.478	.185		175.717	.000					
	NDBI_2015	7.288	.571	.790	12.773	.000	.790	.790	.790	1.000	1.000
2	(Constant)	32.107	.237		135.581	.000					
	NDBI_2015	7.920	.615	.859	12.870	.000	.790	.794	.777	.819	1.221
	NDVI_2015	2.320	.960	.161	2.416	.018	-.204	.238	.146	.819	1.221

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

Excluded Variables<sup>c</sup>

Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics		
					Toleranc e	VIF	Minimum Tolerance
1 NDVI	.161 <sup>a</sup>	2.416	.018	.238	.819	1.221	.819
D3	.018 <sup>a</sup>	.242	.809	.025	.692	1.446	.692
D4	.046 <sup>a</sup>	.715	.476	.072	.949	1.054	.949
2 D3	.030 <sup>b</sup>	.415	.679	.042	.688	1.452	.615
D4	.064 <sup>b</sup>	1.028	.307	.104	.936	1.068	.799

- a. Predictors in the Model: (Constant), NDBI\_2015
- b. Predictors in the Model: (Constant), NDBI\_2015, NDVI\_2015
- c. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

2.2 Analisis Regresi Metode Enter

Variables Entered/Removed

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	D4, D3, NDVI_2015, NDBI_2015 <sup>a</sup>		. Enter

- a. All requested variables entered.

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.808 <sup>a</sup>	.653	.638	1.216946881026 E0

- a. Predictors: (Constant), D4, D3, NDVI\_2015, NDBI\_2015
- b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	264.352	4	66.088	44.625	.000 <sup>a</sup>
	Residual	140.691	95	1.481		
	Total	405.043	99			

a. Predictors: (Constant), D4, D3, NDVI\_2015, NDBI\_2015

b. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	31.791	.370		85.947	.000					
NDVI_2015	2.542	.975	.177	2.605	.011	-.204	.258	.158	.796	1.257
NDBI_2015	7.449	.755	.808	9.872	.000	.790	.712	.597	.546	1.831
D3	.280	.321	.069	.873	.385	.451	.089	.053	.589	1.698
D4	.889	.694	.087	1.281	.203	.221	.130	.077	.800	1.249

a. Dependent Variable: Suhu\_Permukaan\_2015

### 3. Lampiran Tabel SPSS Hasil Analisis Korelasi dan Regresi Perubahan dari Tahun 2001 hingga Tahun 2015

**Pearson Correlations**

		deltaNDVI	deltaNDBI	deltaSuhu_Permukaan
deltaNDVI	Pearson Correlation	1	-.182	.046
	Sig. (2-tailed)		.070	.651
	N	100	100	100
deltaNDBI	Pearson Correlation	-.182	1	.402**
	Sig. (2-tailed)	.070		.000
	N	100	100	100
deltaSuhu_Permukaan	Pearson Correlation	.046	.402**	1
	Sig. (2-tailed)	.651	.000	
	N	100	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Spearman’s rho Correlations

			deltaSuhu_P ermukaan	deltaTL
Spearman’s rho	deltaSuhu_Permukaan	Correlation Coefficient	1.000	.193*
		Sig. (2-tailed)	.	.019
		N	100	100
	deltaTL	Correlation Coefficient	.193*	1.000
		Sig. (2-tailed)	.019	.
		N	100	100

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.416 <sup>a</sup>	.173	.156	1.480861335202E0

a. Predictors: (Constant), deltaTL, deltaNDBI

b. Dependent Variable: deltaSuhu\_Permukaan



ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	44.461	2	22.230	10.137	.000 <sup>a</sup>
	Residual	212.716	97	2.193		
	Total	257.177	99			

a. Predictors: (Constant), deltaTL, deltaNDBI

b. Dependent Variable: deltaSuhu\_Permukaan

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	2.576	.191		13.478	.000					
deltaNDBI	3.807	1.006	.367	3.785	.000	.402	.359	.350	.906	1.104
deltaTL	.492	.424	.113	1.160	.249	.225	.117	.107	.906	1.104

a. Dependent Variable: deltaSuhu\_Permukaan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil kajian mengenai perubahan suhu permukaan di Kota Surabaya maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Peningkatan rata-rata suhu permukaan terjadi di Kota Surabaya sebesar 3 °C selama tahun 2001 hingga tahun 2015. Dibandingkan tahun 2001, suhu permukaan tinggi (> 30 °C) mengalami perluasan di kawasan perkotaan Surabaya, dari wilayah Surabaya Barat hingga menuju Surabaya Timur. Perluasan suhu tinggi tersebut sejalan dengan perluasan wilayah terbangun baik berupa permukiman maupun industri-pergudangan.
2. Konversi lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun terutama terjadi di daerah *peri-urban* Kota Surabaya. Area permukiman dan industri-pergudangan semakin meluas, menggantikan lahan bervegetasi dan tambak. Konversi lahan tersebut telah menyebabkan peningkatan kerapatan lahan terbangun sehingga area terbangun di Kota Surabaya semakin meluas secara horizontal. Perubahan tersebut juga terlihat dari perubahan rata-rata nilai NDBI Kota Surabaya yaitu sebesar -0,3519 pada tahun 2001 menjadi sebesar -0,2187 pada tahun 2015.
3. Berdasarkan hasil analisis korelasi dan regresi, diketahui bahwa NDBI memiliki pengaruh lebih dominan terhadap kenaikan suhu permukaan dibanding variabel bebas lainnya.
4. Selain itu jenis tutupan lahan berupa permukiman dan industri juga berpengaruh terhadap peningkatan suhu permukaan meski memiliki pengaruh yang relatif kecil.

5. Pengurangan intensitas UHI dapat dilakukan dengan menerapkan konsep *Compact City* yang didukung dengan prinsip *Transit Oriented Development* (TOD) dan *Pedestrian Oriented Development* (POD). Dengan fokus pembangunan secara vertikal dan penggunaan lahan *mix-use* maka tingkat kerapatan lahan terbangun dapat dikurangi, disamping terpenuhinya penyediaan ruang terbuka hijau yang cukup sebagai pengendali iklim mikro kawasan perkotaan.

## 5.2 Saran

Berikut ini ialah beberapa saran bagi penelitian terkait yang serupa, antara lain:

1. Pengambilan sampel variabel bebas NDVI, NDBI, dan tutupan lahan harus dilakukan dengan cermat sehingga hasil perhitungan statistik dapat diterima.
2. Apabila memungkinkan, penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pada data dengan kurun waktu yang runtut, misalnya data per lima tahunan. Sehingga pengamatan terhadap karakteristik perubahan yang terjadi dapat diperkaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, Erna Sri., dkk. 2001. Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. LAPAN.
- Ahmad, Shaharuddin., dkk. 2010. *The Effects of Different Land Uses on The Temperature Distribution in Urban Areas*. Malaysia: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Aisha, Iztirani Nur dan Petrus N. Indradjati. 2013. Adaptasi Penerapan Bentuk Mitigasi Urban Heat Island (UHI) pada Kawasan Pusat Kota Bandung. ITB: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota A SAPPK V3N1.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. Surabaya Dalam Angka Tahun 2015. Surabaya: BPS Kota Surabaya.
- Chander, Gyanesh et. al. 2009 *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*. [www.elsevier.com/locate/rse](http://www.elsevier.com/locate/rse) : *Remote Sensing of Environment* 113 (2009) 893–903.
- Chun, B., dan J. M. Guldman. 2014. *Spatial Statistical Analysis and Simulation of The Urban Heat Island in High-Density Central Cities*. [www.elsevier.com/locate/landurbplan](http://www.elsevier.com/locate/landurbplan): *Landscape and Urban Planning* 125 (2014) 76–88.
- Coseo, Paul dan Larissa Larsen. 2014. *How Factors of Land Use/Land Cover, Building Configuration, and Adjacent Heat Sources and Sinks Explain Urban Heat Islands in Chicago*. [www.elsevier.com/locate/landurbplan](http://www.elsevier.com/locate/landurbplan): *Landscape and Urban Planning* 125 (2014) 117–129.

- Das, Amborish. 2015. *Estimation of Land Surface Temperature and Its Relation to Land Cover Land Use: A Case Study on Bankura District, West Bengal, India. International Multidisciplinary Research Journal : Vol 3 Issue 1.*
- Department of the Interior U.S. Geological Survey. 2015. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook.* U.S. Geological Survey.
- Fatimah, Rizka Nurul. 2012. Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000, dan 2011. Depok: Universitas Indonesia.
- Febri, Tervian. 2012. Kemungkinan Penerapan Konsep *Compact City* di Kawasan Jabodetabek Studi Kasus : Rasuna Epicentrum. Depok: Universitas Indonesia.
- Hidayati, Iswari Nur. 2013. Analisis Transformasi Citra dan Penggunaan/Penutup Lahan terhadap Urban Heat Island Berbasis Citra Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Khusaini, Nur Ikhwan. 2008. Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Daratan di Kota Bogor dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat dan Sistem Informasi Geografis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Limas, Andrew V., dkk. 2014. Pembahasan Mengenai Efek Urban Heat Island dan Solusi Alternatif bagi Kota Jakarta. J@TI Undip, Vol IX, No 1.
- Moriyama, Masakazu dan Takahiro Tanaka. 2012. *The Mitigation of UHI Intensity through an Improved Land-Use Plan in the Urban Central Area: Application to Osaka*

*City, Japan. Journal of Heat Island Institute International Vol. 7-2.*

- Noviar, Heru dkk. 2012. Uji Akurasi Training Sampel Berbasis Objek Citra Landsat di Kawasan Hutan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmiah Geomatika* Vol. 18, No. 2.
- Pamungkas, Adjie. 2016, 2 Mei. Gedung Tinggi Sebenarnya Bisa Kurangi Panas. Surabaya: Jawa Pos, halaman 43.
- Putri, Danisa Myria. 2013. *Compact City*. Institut Teknologi Bandung: Seminar Studi Futuristik.
- Rahman, Abdur. 2011. Modul Ajar Pengolahan Citra dan Aplikasinya Bekerja dengan Envi 4.4. Banjarbaru: Universitas Lampung Mangkurat.
- Soenarmo, Sri Hartati. 2009. Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografis untuk Bidang Ilmu Kebumihan. Bandung: ITB.
- Supriatna, Wahyu dan Sukartono. 2002. Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat: Buletin Teknik Pertanian Vol. 7. Nomor 1.
- Suryana. 2010. Metodologi Penelitian. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Triyanti. 2008. Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006. Depok: Universitas Indonesia.
- Tursilowati. 2002. *Urban Heat Island* dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan. LAPAN.

- Wicahyani, Suksesi dkk. 2012. Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) di Yogyakarta Hasil Interpretasi Citra Landsat TM Tanggal 28 Mei 2012. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan : ISBN 978-602-17001-1-2.
- Wijaya, Suseno Wangsit. 2005. Aplikasi Penginderaan Jauh dengan Citra Satelit Quickbird untuk Pemetaan Mangrove di Pulau Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wisnu, L. 2003. Pengaruh Tipe Penutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bogor. [Skripsi]. Bogor: Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Rizki Cholik Zulkarnain lahir di ujung timur Pulau Jawa, Kabupaten Banyuwangi pada 10 Oktober 1993. Seusai menyelesaikan masa pendidikan dasarnya di SDN 1 Alasmalang, SMPN 1 Rogojampi dan SMAN 1 Glagah, penulis kemudian menapakkan kakinya di Kota Pahlawan, Surabaya untuk mengenyam jenjang pendidikan yang

lebih tinggi.

Setelah dinyatakan lolos SBMPTN jalur undangan pada tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Semasa perkuliahan, penulis sering ditunjuk sebagai asisten beberapa mata kuliah, seperti Komputasi Perencanaan, Sistem Informasi Perencanaan, dan Pengembangan Masyarakat. Penulis juga pernah terlibat dalam beberapa proyek salah satunya adalah Penyusunan RDTRK BWP Pasrujambe Kabupaten Lumajang dalam kegiatan Kerja Praktik yang dijalaninya.

Ketertarikan penulis terhadap bidang klimatologi perkotaan telah membawanya untuk menyusun tugas akhir dengan judul Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya. Penulis akan dengan senang hati menerima segala bentuk kritikan dan saran yang membangun yang dapat disampaikan melalui email penulis, rizkizack71@gmail.com.